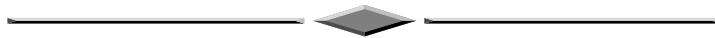


ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ



УДК 528.44:004.9

DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-4-152-158

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ГЕОДЕЗИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ 3D-КАДАСТРА

Евгений Ильич Аврунев

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент, директор Института кадастра и природопользования, тел. (383)344-31-73, e-mail: kadastr-204@yandex.ru

Артур Ильгизович Гиниятов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)344-31-73, e-mail: ita1095@mail.ru

В работе рассмотрен авторский подход к формированию геодезического обеспечения 3D-кадастра. В рамках подхода предложено данный производственный процесс представить двумя технологическими операциями: построением геодезического обоснования в кадастровом квартале для координирования внешнего контура объекта капитального строительства (ОКС) и 3D-моделированием его внутренних элементов (помещений). Для реализации указанных технологических процедур предложена нормативная база выполнения геодезических измерений, система координат для внесения необходимой информации в Единый государственный реестр недвижимости и выполнения 3D-моделирования структурных элементов ОКС. Отмечено, что при реализации предложенных технологических решений подготавливаемый кадастровым инженером технический план можно рассматривать не только как документ, позволяющий поставить на государственный кадастровый учет ОКС и его структурные элементы, но и как нормативно-правовой документ, определяющий соответствие возведенного здания своим проектным параметрам.

Ключевые слова: 3D-кадастр, 3D-модель, объекты недвижимости, объект капитального строительства, Единый государственный реестр недвижимости, государственный кадастровый учет, характерная точка, координаты, средняя квадратическая ошибка, нормативная точность

Введение

В последнее десятилетие характерной особенностью развития Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) и его методического обеспечения в Российской Федерации являются постоянно расширяющиеся, как по объемам, так и по существу рассматриваемых вопросов, исследования и научно-технологические разработки в области создания и ведения трехмерного кадастра (3D-кадастра). Информационно-аналитический обзор научно-технических публикаций по со-

временному состоянию проблемы создания и ведения 3D-кадастра позволил сделать следующие, заслуживающие, на наш взгляд, особого внимания выводы [1–5]:

1) создание 3D-кадастра в условиях обширных территорий Российской Федерации предполагает большую трудоемкость выполняемых технологических операций и, соответственно, значительные финансовые затраты;

2) ведение 2D-кадастра и градостроительное проектирование, как правило, осуществляется в разных координатных системах, что в ряде случаев (при различном удалении осе-

вого меридиана от центральной части территориального образования) обуславливает систематические расхождения между проектными размерами ОКС и их значениями, полученными в результате координирования относительно исходных пунктов межевого съемочного обоснования (МСО) [5];

3) в нормативно-правовой литературе, регламентирующей требования к точности выполнения кадастровых работ, отсутствуют научно-обоснованные требования к средним квадратическим ошибкам (СКО) построения геодезического обоснования, которое необходимо при выполнении кадастровых работ для получения пространственных данных в отношении местоположения ОКС в соответствующем территориальном образовании.

Таким образом, на наш взгляд, основная проблематика создания и ведения 3D-кадастра на современном этапе развития геодезических измерительных технологий обусловлена отсутствием нормативных требований к точности определения пространственных данных при координировании объектов капитального строительства и применяемой при математической обработке результатов измерений координатной системы.

Решение этого важного научно-технического вопроса позволит создать единое геопространство территориального образования, необходимое для решения многочисленных задач для устойчивого развития территорий и наполнить ЕГРН достоверной и актуальной информацией о пространственном местоположении ОКС [6–10].

Методологические подходы к решению научно-технологической задачи

Исходя из обозначенных выше методологических подходов к проблеме формирования 3D-кадастра, сформулируем цель настоящей статьи: предложить научно-обоснованные нормативные требования к точности построения пространственного геодезического обоснования территориального образования и оптимальную систему координат для наиболее технологичного перевода существующего кадастра недвижимости в 3D-формат.

Для достижения поставленной цели предусматривается реализовать следующие методические подходы:

1) создание 3D-кадастра наименее трудоемко и наиболее технологично выполнять на основании существующего 2D-кадастра, в соответствии с нормативными требованиями, которые в настоящее время установлены действующими нормативно-правовыми документами. Следовательно, для координирования объектов недвижимости следует использовать местную плоскую прямоугольную систему координат, применяемую в настоящее время для ведения 2D-кадастра;

2) для устранения системных противоречий между результатами координирования при выполнении кадастровых работ в отношении ОКС и их проектными значениями, которые должны соответствовать размерам на физической поверхности Земли, целесообразно при выполнении 3D-моделирования использовать местную систему координат ОКС, привязанную к его основным осям и координатной системе территориального образования;

3) рассматривать кадастровый квартал как структурную единицу территориального образования, для которой необходимо установить свои научно-обоснованные нормативные требования на точность выполнения кадастровых работ.

Решение поставленной научно-технологической задачи

Исходя из предлагаемых концептуальных положений и целесообразности создания 3D-кадастра на основании существующей нормативно-правовой базы, представляется целесообразным поддержать предложения, сделанные в работе [11] об установке нормативного допуска в плановом положении на среднюю квадратическую ошибку (СКО) взаимного положения углов ОКС внутри кадастрового квартала $m_{окс} = 5$ см. Установление такого допуска, во-первых, позволит с заданной нормативной точностью ($m_{зу} = 10$ см) восстанавливать на местности утраченные границы земельных участков, а, во-вторых, сохранит плановую составляющую существующего кадастра для наиболее технологичного перевода его в формат 3D.

Отметим также, что технологичность перевода определяет целесообразность использования уже имеющейся плоской прямоугольной координатной системы территориального образования с добавлением третьей координаты – нормальной высоты H , для которой необходимо установить соответствующий нормативный допуск.

Установим нормативную точность определения высотной составляющей пространственной характеристики ОКС, исходя из принципа «изотропности» метрики создаваемого геопространства кадастрового квартала

$$m_{x,y} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = m_H = 5 \text{ см.} \quad (1)$$

Следовательно, нормативная СКО пространственного положения характерных точек контуров ОКС внутри кадастрового квартала составляет

$$m_{\text{ОКС}} = \sqrt{m_{x,y}^2 + m_H^2} = \sqrt{5^2 \text{ см} + 5^2 \text{ см}} = 7,1 \text{ см.} \quad (2)$$

В соответствии с установленным нормативом (1) и (2) определим нормативные требования к точности построения внутри кадастрового квартала межевого съемочного обоснования

$$m_{\text{МСО}} = \frac{m_{\text{ОКС}}}{t} = \frac{\sqrt{m_{x,y}^2 + m_H^2}}{t} = \frac{\sqrt{5^2 \text{ см} + 5^2 \text{ см}}}{2} = 3,6 \text{ см.} \quad (3)$$

На основании информационно-аналитического обзора, выполненного по существующей нормативно-правовой базе составления технических планов и исполнительных съемок при приеме ОКС в эксплуатацию, точность геодезических измерений в зависимости от длины и ширины помещения составляет от 2 до 10 мм [12]. Таким образом, СКО определения параметров внутренних структурных элементов ОКС является более высокой по сравнению с внешним контуром, который координируется относительно исходных пунктов МСО.

Следовательно, использование при выполнении 3D-моделирования координатной системы ЕГРН приведет к искаженным результатам и не позволит оценивать соответ-

ствие параметров возведенного ОКС проектными значениями.

Выходом из создавшейся ситуации, по нашему мнению, является применение при 3D-моделировании здания условной системы координат ОКС, привязанной к координатной системе ЕГРН одной характерной точкой (ХТ), закоординированной относительно пунктов межевого съемочного обоснования.

Образование условной координатной системы ОКС предлагается осуществлять в результате совмещения координатных осей с его основными осями, а за начало системы координат принять ХТ ОКС, закоординированную относительно пунктов МСО. Принципиальная схема такого подхода приведена на рисунке.

Реализация такого подхода позволит решить следующие научно-технологические задачи:

1) возможность восстановления утраченных характерных точек, закрепляющих на местности границы земельного участка, на котором расположен ОКС, в системе координат ЕГРН;

2) определение реальных параметров ОКС и оценивание их отличий от проектных значений, что позволит делать обоснованное заключение о возможности введения в эксплуатацию построенного ОКС.

Определение аналитических координат внутренних структурных элементов ОКС целесообразно выполнять в соответствии со следующим алгоритмом:

1) для проверки гипотезы о соответствии ОКС прямоугольной или квадратной форме в системе координат ЕГРН $(x_1^{\text{ЕГРН}}, y_1^{\text{ЕГРН}}, H_1^{\text{ЕГРН}} \dots x_4^{\text{ЕГРН}}, y_4^{\text{ЕГРН}}, H_4^{\text{ЕГРН}})$ вычислить дирекционные углы всех сторон здания и углы между ними по следующим известным формулам геодезии (обратная геодезическая задача)

$$\alpha_{i,i+1} = \arctg \frac{y_{i+1}^{\text{ЕГРН}} - y_i^{\text{ЕГРН}}}{x_{i+1}^{\text{ЕГРН}} - x_i^{\text{ЕГРН}}};$$

$$\alpha_{i,i-1} = \arctg \frac{y_{i-1}^{\text{ЕГРН}} - y_i^{\text{ЕГРН}}}{x_{i-1}^{\text{ЕГРН}} - x_i^{\text{ЕГРН}}}; \quad (4)$$

$$\beta_i = \alpha_{i,i+1} - \alpha_{i,i-1},$$

где i – номер характерной точки ОКС;

2) принятие или непринятие гипотезы о соответствии построенного здания проектным параметрам выполняется на основании следующих статистических критериев (при условии нормального характера распределения случайных ошибок геодезических измерений)

$$90^{\circ}00'00'' - t \cdot m_{\beta} \leq \beta_i \leq 90^{\circ}00'00'' + t \cdot m_{\beta}; \quad (5)$$

$$L_{i,i+1}^{\text{проект}} - t \cdot m_L \leq L_{i,i+1}^{\text{изм}} \leq L_{i,i+1}^{\text{проект}} + t \cdot m_L,$$

где t – статистический коэффициент, зависящий от доверительной вероятности при построении доверительного интервала для оцениваемого параметра; m_{β} , m_L – соответственно точность вычисления параметра (углы между сторонами ОКС) и СКО измерения линейных параметров ОКС; L – измеренная длина линии между характерными точками, закрепляющими контур ОКС на местности;

3) выполнение статистических критериев (5) обуславливает принятие гипотезы о соответствии внешнего контура ОКС проектным значениям и возможность определения аналитических координат для 3D-моделирования его внутренних элементов;

4) образование условной системы координат осуществляется в результате совмещения координатных осей этой системы с основными осями инженерного сооружения (см. рисунок)

и принятия в качестве начала – $XТ$ (например, $XТ 1$), с условными координатами $x_1 = 0,000$ м, $y_1 = 0,000$ м;

5) вычисление аналитических координат внутренних структурных элементов ОКС в такой координатной системе выполняется по следующим элементарным формулам:

$$\begin{aligned} x_{11}^{\text{ПОМ}} &= a, & y_{11}^{\text{ПОМ}} &= b; \\ x_{12}^{\text{ПОМ}} &= a, & y_{12}^{\text{ПОМ}} &= b + b_{11-12}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$x_{13}^{\text{ПОМ}} = a + a_{12-13}, \quad y_{13}^{\text{ПОМ}} = b + b_{11-12};$$

$$x_{14}^{\text{ПОМ}} = a + a_{11-14}, \quad y_{14}^{\text{ПОМ}} = b + b_{11-12} - b_{13-14},$$

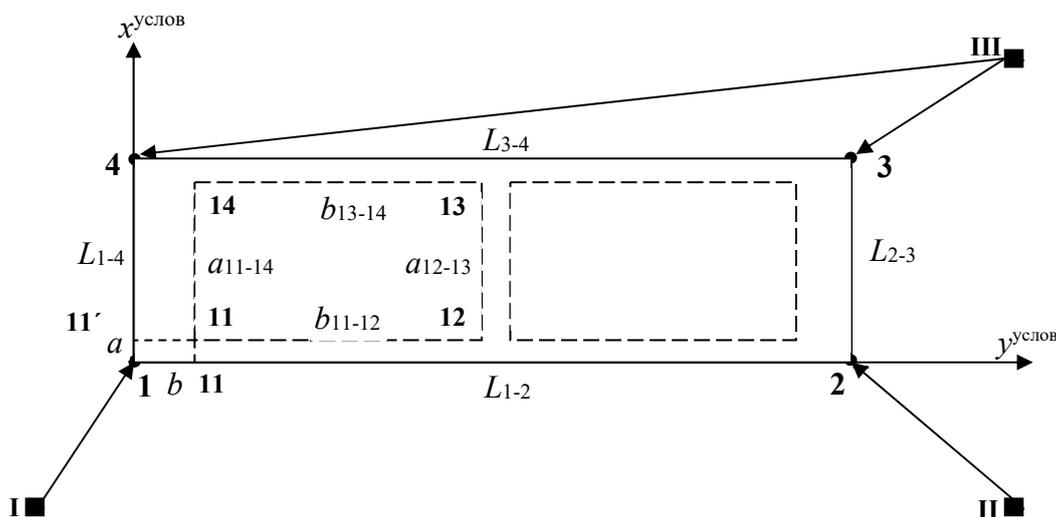
где a , b – проектные расстояния между основными и вспомогательными осями ОКС, $a_{i,i+1}$, $b_{i,i+1}$ – измеренные линейные параметры внутренних структурных элементов инженерного сооружения;

6) гипотеза о соответствии параметров помещения проектным характеристикам ОКС будет принята при выполнении следующих статистических критериев:

$$b_{i-(i+1)}^{\text{изм}} - b_{i-(i+1)}^{\text{проект}} \leq t \cdot m_{\text{норм}};$$

$$a_{i-(i+1)}^{\text{изм}} - a_{i-(i+1)}^{\text{проект}} \leq t \cdot m_{\text{норм}}; \quad (7)$$

$$P^{\text{изм}} P^{\text{проект}} = a_{\text{ср}} \cdot b_{\text{ср}} - P^{\text{проект}} \leq 0,05 \cdot P.$$



Принципиальная схема определения пространственных характеристик ОКС для 3D-моделирования и внесения этих данных в ЕГРН:

a , b – проектные расстояния, определяющие расположение основных и дополнительных осей; a_{i-j} , b_{i-j} – измеренные параметры внутренних помещений ОКС; 11, 12, 13, 14 – характерные точки, определяющие параметры внутренних структурных элементов ОКС и его дополнительных осей; 1, 2, 3, 4 – характерные точки, определяющие расположение основных осей ОКС; I, II, III – пункты межевого съемочного обоснования

Выполнение статистических критериев (7) определяет возможность использования аналитических координат (6) в качестве исходного геодезического обоснования для 3D-моделирования внутренних структурных элементов ОКС.

Представляется целесообразным включить предложенные критерии в кадастровые работы, выполняемые при подготовке технического плана в отношении ОКС, который должен будет являться ключевым документом как при сдаче ОКС в эксплуатацию, так и при постановке объекта недвижимости на государственный кадастровый учет.

Выполнение этих нормативных требований позволит создавать геодезическое обоснование в кадастровом квартале и 3D-модели инженерных сооружений, соответствующие современным требованиям, предъявляемым для формирования 3D-кадастра.

Заключение

Реализация предложенных технологических решений позволит решить следующие задачи:

1) перевести существующий 2D-кадастр недвижимости в 3D-формат с минимальной трудоемкостью, что весьма актуально на современном этапе развития земельно-имущественных отношений;

2) использовать технический план, формируемый кадастровым инженером в отношении ОКС как независимый контроль при приеме в эксплуатацию построенного инженерного сооружения;

3) восстанавливать утраченные границы земельных участков вне зависимости от меняющихся систем координат и исходных пунктов геодезического обоснования, используемых при осуществлении кадастровых работ;

4) выбирать схемы построения МСО и используемое при этом измерительное технологическое оборудование для получения нормативной точности пространственного положения ОКС в кадастровом квартале соответствующего территориального образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в России. G2G10/RF/9/1. Заключительный отчет. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portal.rosreestr.ru/wps/portal/cc_news?news_id=16202&news_line_id=11662.
2. Чернов А. В. Разработка и исследование методики формирования трехмерного кадастра недвижимости : дисс. ... канд. техн. наук. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 159 с.
3. 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 геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов III Национальной научно-практической конференции, 27–29 ноября 2019 г. – Новосибирск : СГУГиТ. – Режим доступа: <http://nir.sgugit.ru/elektronnye-publikatsii-noyab19/>.
4. Vandyшева N., Tikhonov V., Van Oosterom P., Stoter J., Ploger H., Wouters R., Penkov V. 3D Cadastre Modelling in Russia // FIG Working Week 2011. Bridging the Gap between Cultures (18–22 May, 2011). – Marrakech, Morocco [Electronic resource]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/241886547_3D_Cadastre_modelling_in_Russia.
5. 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 // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 7. – С. 131–137.
6. Аврунев Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости : монография. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 144 с.
7. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
8. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.

9. Карпик А. П., Хорошилов В. С. Сущность геоинформационного пространства территорий как единой основы развития государственного кадастра недвижимости // Изв. вузов. Геодезия и аэрофото- съемка. – 2012. – № 1. – С. 134–136.

10. Карпик А. П. Системная связь устойчивого развития территорий с его геодезическим информационным обеспечением // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1 (12). – С. 3–11.

11. Метелева М. В. Разработка и исследование методики координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальных образованиях : дисс. ... канд. техн. наук. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 150 с.

12. ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ 2681-80). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Получено 25.09.2020

© Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов, 2020

CONCEPTUAL APPROACH TO GEODETIC SUPPORT FOR 3D CADASTRE

Evgeny I. Avrunev

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Director, Institute of Cadastre and Environmental Management, phone: (383)344-31-73, e-mail: kadastr204@yandex.ru

Artur I. Giniyatov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D. Student, Department of Cadastre and Territorial Planning, phone: (383)344-31-73, e-mail: ita1095@mail.ru

The article considers the approach to 3D cadastre geodetic control creation. Within the framework of this approach it is suggested to present the given production process by two technological operations: creation of geodetic control network in cadastral block to coordinate the external contour of capital construction object (CCO) and 3D modeling of its internal elements (premises). To implement these technological procedures, a regulatory framework for performing geodetic measurements and a coordinate system for entering the necessary information in the unified state register of real estate (USRRE) and performing 3D modeling of the structural elements of the CCO is proposed. It is noted that when implementing the proposed technological solutions, the technical plan prepared by the cadastral engineer can be considered not only as a document that allows the state cadastral registration of the ACS and its structural elements, but also as a regulatory document that determines the compliance of the erected building with its design parameters.

Keywords: 3D cadastre, 3D model, real estate objects, capital construction object, unified state register of real estate, state cadastral registration, characteristic point, coordinates, average square error, standard accuracy

REFERENCES

1. Creating a model of a three-dimensional real estate cadastre in Russia. G2G10 / RF/9/1. Final report. (n. d.). Retrieved from https://portal.rosreestr.ru/wps/portal/cc_news?news_id=16202&news_line_id=11662 [in Russian].
2. Chernov, A. V. (2018). Development and research of methods for forming a three-dimensional real estate cadastre. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk: SSUGT Publ., 159 p. [in Russian].
3. Avrunev, E. I., Giniyatov, A. I. (2019). Current state and problems of geodetic support for creating and maintaining a three-dimensional real estate cadastre. In *Sbornik materialov 3-y Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Regulirovanie zemel'no-imushchestvennykh otnosheniy v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, otsenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskie resheniya [Proceedings of the 3rd National Scientific and Practical Conference, Regulation of Land and Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Assessment, Ecology, Technological Solutions]*. Novosibirsk: SSUGT Publ. Retrieved from <http://nir.sgugit.ru/elektronnye-publikatsii-noyab19/> [in Russian].

4. Vandysheva, N., Tikhonov, V., Van Oosterom, P., Stoter, J., Ploger, H., Wouters, R., & Penkov, V. (2011). 3D Cadastre Modelling in Russia. *FIG Working Week 2011 Bridging the Gap between Cultures*, 18–22 May, 2011. Marrakech, Morocco. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/241886547_3D_Cadastre_modelling_in_Russia.
5. Avrunev, E. I., Chernov, A. V., Dubrovsky, A. V., Komissarov, A. V., & Pasechnik, E. Yu. (2018). Technological aspects of building a 3D model of engineering structures in the cities of the Arctic region of the Russian Federation. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesurov [Proceedings of Tomsk Polytechnic University]*, 329(7), 131–137 [in Russian].
6. Avrunev, E. I. (2010). *Geodezicheskoe obespechenie Gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti [Geodesic support of the State real estate cadastre]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 144 p. [in Russian].
7. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskie i tekhnologicheskie osnovy geoinformatsionnogo obespecheniya territoriy Engineering of georesources [Methodological and technological foundations of GIS software territories]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 260 p. [in Russian].
8. Karpik, A. P., & Lisitsky, D. V. (2009). Electronic geospatial—the essence and conceptual foundations. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 5, 41–44 [in Russian].
9. Karpik, A. P., & Khoroshilov V. S. (2012). The essence of the geographic information space of territories as a single basis for the development of the state real estate cadastre. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 1, 134–136 [in Russian].
10. Karpik, A. P. (2010). System connection sustainable development of the territories with his geodesic information security. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 1(12), 3–11 [in Russian].
11. Meteleva, M. V. (2015). Development and research of methods of coordinate support of cadastral activity in territorial formations. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk: SSUGT Publ., 150 p. [in Russian].
12. GOST 21779-82 (ST CMEA 2681-80). System for ensuring the accuracy of geometric parameters in construction. Technological tolerances. Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

Received 25.09.2020

© E. I. Avrunev, A. I. Giniyatov, 2020