

На правах рукописи

Гатина Наталия Владимировна



Разработка методики информационного обеспечения кадастровых работ
в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений

25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новосибирск – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ).

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Аврунев Евгений Ильич.

Официальные оппоненты:

Сизов Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», профессор кафедры землеустройства и кадастров;

Верхотуров Алексей Александрович, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник центра коллективного пользования.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет» (г. Тюмень).

Защита диссертации состоится 14 июня 2022 г. в 15-00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <https://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/gatina-nataliya-vladimirovna/>

Автореферат разослан 22 апреля 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дубровский Алексей Викторович

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 11.04.2022. Формат 60 × 84 1/16.
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 54.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Совершенствование отраслей экономики и социальной сферы Российской Федерации (РФ) напрямую зависит от масштабов земельных преобразований. Поскольку в настоящее время учетно-регистрационная система земельно-имущественного комплекса претерпевает цифровую трансформацию как в части автоматизации предоставления государственных услуг, так и в части внедрения инновационных технологий в области геодезии, кадастра и картографии, развитие современной учетно-регистрационной системы обуславливает создание трехмерного кадастра.

Формирование 3D-кадастра территориального образования (в том числе и городов) невозможно без 3D-моделирования его линейных инженерных сооружений (ЛИС), которое выполняется на основании результатов координатных определений параметров ЛИС для выполнения кадастровых работ (КР). Поэтому информационному обеспечению кадастровых работ и представлению полученных пространственных данных в соответствующих информационных системах следует уделять особое внимание.

Наполнение Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) и государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ГИСОГД) актуальной и достоверной пространственной информацией об объектах недвижимости (ОН) в значительной степени обуславливает эффективное управление территориальным образованием, градостроительной деятельностью, в том числе, комплексным градостроительным освоением подземного пространства, обеспечивает государству возможность проведения научно-обоснованной налоговой политики.

Таким образом, повышение эффективности информационного обеспечения проведения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений, составляющих инфраструктуру территориального образования, представляет актуальную научно-техническую задачу, решение кото-

рой в значительной степени обуславливает устойчивое развитие территориального образования.

Степень разработанности темы исследования. В настоящее время имеется значительное количество научно-технических разработок, посвященных анализу методик и технологий по получению и обработке кадастровой информации в отношении объектов недвижимости, расположенных в территориальном образовании. Это научные труды следующих известных российских ученых: Атаманова С. А., Басовой И. А., Быстрова А. Ю., Варламова А. А., Волкова С. Н., Гальченко С. А., Григорьева С. А., Карпика А. П., Комиссарова А. В., Лисицкого Д. В., Сизова А. П., Тикунова В. С., Цветкова В. Я., Шаповалова Д. А. и др. Вместе с этим, вопросам получения пространственной информации о линейных наземных и подземных инженерных сооружениях и ее актуализации уделено, по мнению автора, недостаточное внимание.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие научно-технические задачи:

- выполнить информационно-аналитический обзор существующих методик и технологий выполнения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений, составляющих инфраструктуру территориального образования (города);

- предложить систему принципов, которая будет являться основанием для 3D-моделирования линейных наземных и подземных инженерных сооружений;

- разработать алгоритм 3D-моделирования по результатам координатных определений характерных точек линейных наземных и подземных инженерных сооружений;

- разработать методику информационного обеспечения кадастровых работ на основании предложенной системы принципов и алгоритма 3D-моделирования линейных наземных и подземных инженерных сооружений;

– выполнить апробацию разработанной методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений на примерах сооружений трубопроводного транспорта газоснабжения, расположенных на территориях Томской области и Дальнего Востока.

Объект и предмет исследования. *Объект исследования* – линейные наземные и подземные инженерные сооружения. *Предмет исследования* – технологические операции, выполняемые при осуществлении кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Научная новизна результатов исследования заключается в следующем:

– предложена система принципов 3D-моделирования линейных наземных и подземных инженерных сооружений, основанная на выборе метрики создаваемой математической модели и точностных параметров, задаваемых нормативно, исходя из ее целевого назначения;

– разработан алгоритм создания 3D-модели линейных наземных и подземных инженерных сооружений в метрике, позволяющий оценивать фактические параметры таких сооружений, проверяя их соответствие проектной, градостроительной документации, вносить соответствующую информацию на дежурный топографический план территории, наполнять 3D-модель территориального образования актуальной и достоверной пространственной кадастровой информацией.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость диссертации заключается в теоретическом обосновании предложенных методических, технологических и технических решений по 3D-моделированию линейных наземных и подземных инженерных сооружений в метрике, обеспечивающей получение актуальной и достоверной информации о соответствующих пространственных параметрах объектов недвижимости.

Практическая значимость обусловлена возможностью использования результатов 3D-моделирования для внесения кадастровой информации в Единый государственный реестр недвижимости и формирования 3D-модели территориального образования.

Методология и методы исследования. При выполнении теоретической части работы использовались методы системного анализа, математического и геоинформационного моделирования. При выполнении практической части работы исходными материалами служили результаты координатных определений параметров линейных наземных и подземных инженерных сооружений для выполнения кадастровых работ.

Положения, выносимые на защиту:

– предложенная система принципов позволяет выполнять 3D-моделирование линейных наземных и подземных инженерных сооружений в метрике, обеспечивающей решение научно-технических задач кадастровой и градостроительной деятельности;

– разработанная методика информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений позволяет эффективно актуализировать кадастровую информацию и наполнять Единый государственный реестр недвижимости и документы территориального планирования достоверной пространственной информацией о параметрах линейных инженерных сооружений и инженерной инфраструктуры, необходимой для устойчивого развития территориального образования.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационное исследование по содержанию и характеру полученных результатов соответствует следующим областям исследования: 5 – Принципы сбора, документирования, накопления, обработки и хранения сведений о земельных участках. Разработка единой методики по ведению земельного кадастра; 7 – Информационное обеспечение Государственного земельного кадастра паспорта научной

специальности 25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные результаты докладывались и обсуждались на следующих Международных и Всероссийских научно-практических конференциях: «Регулирование земельно-имущественных отношений в России» (2019, 2021 гг., г. Новосибирск), Международном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (2019, 2021 гг., г. Новосибирск), Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (2019, 2020, 2021 гг., г. Томск), Международной научно-технической онлайн-конференции «Пространственные данные в условиях цифровой трансформации» (2020 г., г. Москва) и 76-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК (2021 г., г. Москва).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» и в производственный процесс Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Томской и Новосибирской области, а также в Филиал ФГБУ «Федеральная кадастровая палата Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии» по Новосибирской области, о чем свидетельствуют соответствующие акты о внедрении (приложение А).

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в девяти научных статьях, две из которых – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, одна – в журнале, входящий в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 140 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, трех разделов, за-

ключения, списка литературы, включающего 139 наименований, содержит 5 таблиц, 27 рисунков, 6 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснован выбор темы и доказана актуальность научного исследования, показана степень разработанности данного направления, сформулированы цель и задачи, объект и предмет научного исследования, представлена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, приведены положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов исследования.

В первом разделе выполнен информационно-аналитический обзор развития и совершенствования кадастровых работ в России. Определены основные закономерности изменения подходов к кадастровым работам в зависимости от вида объекта недвижимости. Проведен анализ действующих положений, регламентирующих выполнение кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений в Российской Федерации.

Выявлены проблемы в процессе сбора и обработки исходных данных для выполнения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений. Сложившаяся современная практика позволяет утверждать, что единственным методом получения достоверной и актуальной информации о местоположении линейных наземных и подземных инженерных сооружений и их трехмерного представления для актуализации данных ЕГРН и ГИСОГД, в условиях цифровизации, являются кадастровые работы. Исходя из сложившихся условий, возникает необходимость в разработке методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Второй раздел содержит методическое обоснование предмета исследования, принципы, этапы и разработанную технологическую схему работ, которая

определяет основные этапы реализации методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений. Определено, что целью информационного обеспечения кадастровых работ является существенное повышение качества определения пространственных параметров объектов недвижимости в соответствии с требованиями законодательства в ЕГРН.

В результате выполненных теоретических исследований в диссертационной работе предложена следующая система принципов 3D-моделирования линейных наземных и подземных инженерных сооружений:

- соответствие метрики создания 3D-модели линейных наземных и подземных инженерных сооружений реальным параметрам на физической поверхности Земли, что необходимо для реализации градостроительной деятельности (градостроительство);
- возможность использования 3D-модели при приеме в эксплуатацию возведенного объекта недвижимости (контроль);
- возможность применения 3D-модели при определении осадок и деформаций линейного инженерного сооружения (деформации);
- соответствие метрики сформированной 3D-модели линейных наземных и подземных инженерных сооружений координатной системе, в которой выполняются кадастровые работы и ведется Единый государственный реестр недвижимости (кадастр);
- возможность интеграции сформированной 3D-модели линейных наземных и подземных инженерных сооружений в 3D-модель территориального образования, в котором находятся такие сооружения, в отношении которых выполняются кадастровые работы;
- минимальная трудоемкость формирования 3D-модели линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Реализация первого предлагаемого принципа предусматривает выбор такой координатной системы, в которой расхождения Δ значений параметров объектов

недвижимости на физической поверхности Земли (L_{i-j}) и в установленной координатной системе (S_{i-j}) не будут превышать нормативно установленный допуск:

$$\Delta = L_{i-j} - S_{i-j} = L_{i-j} - \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq \frac{1}{t} m_{\text{НОРМ}}, \quad (1)$$

где $m_{\text{НОРМ}}$ – средняя квадратическая погрешность определения координат характерных точек, устанавливаемая в зависимости от целевого назначения создаваемой 3D-модели;

t – коэффициент пренебрегаемого влияния, который в соответствии с доверительной вероятностью $\beta = 0,95$ предлагается устанавливать равным $t = 2$;

i, j – номера соответствующих характерных точек, определяющих на местности параметры линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Реализация второго принципа предусматривает выбор такого измерительного технологического оборудования, которое по инструментальной точности обеспечивает выполнение следующего критерия:

$$m_{\text{ИЗМ}} = f(m_x, m_y) \leq m_{\text{НОРМ}}, \quad (2)$$

где f – функциональная связь между точностью измеряемого элемента и средними квадратическими погрешностями (СКП) определения координат характерной точки.

Третий принцип 3D-моделирования предлагается реализовывать для тех объектов недвижимости, которые расположены в зонах неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений. При этом точность соответствующего измерительного технологического оборудования должна устанавливаться в соответствии с критерием (2), где в качестве $m_{\text{НОРМ}}$ необходимо использовать нормативный допуск на точность определения параметров осадок и деформаций, которые происходят в основании фундамента линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Четвертый принцип определяет необходимость выполнения 3D-моделирования в координатной системе, установленной действующим земельно-имущественным законодательством в отношении объектов недвижимости, которые необходимо поставить на государственный кадастровый учет (плоская прямоугольная координатная система в проекции Гаусса – Крюгера). Отметим важный принципиальный аспект – для каждого кадастрового округа устанавливается своя местная система координат. Следовательно, при координировании линейных наземных и подземных инженерных сооружений, пересекающих несколько кадастровых округов, возникают существенные противоречия между фактической длиной такого сооружения и его значением, вычисленным по координатам характерных точек (критерий 1). В этом случае фактическую длину линейных наземных и подземных инженерных сооружений следует определять по измеренным значениям длин линий (с использованием электронного тахеометра), по значениям базовых векторов (с использованием GNSS-технологий) или в результате построения цифровой модели, полученной в результате лазерного сканирования.

Реализация пятого принципа предусматривает выполнение 3D-моделирования в форматах, обеспечивающих их интеграцию в создаваемую трехмерную модель соответствующего территориального образования.

Для реализации шестого принципа, определяющего минимум трудоемкости при создании трехмерного кадастра в территориальных образованиях Российской Федерации, автор предлагает использовать плоскую прямоугольную координатную систему, дополненную третьей координатой H (высота характерной точки в Балтийской системе высот). Такой подход обеспечит минимальную трудоемкость при создании трехмерного кадастра, поскольку не предусматривает перевычисление плоских прямоугольных координат (x, y) в пространственную прямоугольную координатную систему (X, Y, Z) .

Разработанная методика информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Методика информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений

На рисунке 1 зеленым цветом обозначены этапы для вновь построенных линейных наземных и подземных инженерных сооружений; синим цветом обозначены этапы для ранее учтенных линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Первый этап реализации методики – подготовительный этап, предусматривающий подготовку к проведению кадастровых работ, а также сбор всех правоудостоверяющих документов.

В качестве исходных данных в предлагаемой методике в отношении вновь построенных линейных наземных и подземных инженерных сооружений рекомендовано формировать пакет исходной документации, подготавливаемой и получаемой от разработки проекта планировки территории и проекта межевания территории до завершения строительства объекта. В отношении ранее учтенных линейных наземных и подземных инженерных сооружений в диссертационном исследовании разработан алгоритм сбора необходимых исходных данных и документации для проведения кадастровых работ.

В рамках второго этапа реализации методики в диссертационном исследовании предложен алгоритм формирования 3D-модели вновь построенных линейных наземных и подземных инженерных сооружений, представленный на рисунке 2.

Алгоритм формирования 3D-модели включает в себя выполнение следующих технологических операций (рисунок 2):

- выполнение полевых работ и первичная обработка данных наземного, воздушного или мобильного лазерного сканирования для последующей загрузки в САД-системы;
- построение 3D-модели линейных наземных и подземных инженерных сооружений;
- определение основных параметров ЛИС (протяженность, глубина залегания, площадь, объем, высота, площадь застройки) по 3D-модели;
- определение координат характерных точек линейных наземных и подземных инженерных сооружений.



Рисунок 2 – Алгоритм формирования 3D-модели и технического плана ЛИС

В диссертационном исследовании также разработан алгоритм формирования 3D-модели линейных подземных инженерных сооружений, включающий в себя выполнение следующих операций:

- выбор метода определения параметров линейных подземных инженерных сооружений;
- выполнение поиска линейных подземных инженерных сооружений;
- обработка полученных результатов, формирование каталога координат характерных точек линейных подземных инженерных сооружений в системе координат, принятой для ведения ЕГРН, и построение 3D-модели.

Алгоритм формирования 3D-модели линейных подземных инженерных сооружений предусматривает осуществление поиска и определения точного местоположения такого объекта в соответствии с первым предлагаемым принципом

в системе координат (x, y, H) . Отметим, что в соответствии со вторым предлагаемым принципом точность такого измерительного оборудования должна обеспечивать нормативно установленный допуск (см. формулу (2)).

Третий этап методики заключается во внесении актуальных сведений о линейных наземных и подземных инженерных сооружениях на дежурные топографические планы города в векторном формате, в том числе, и 3D.

Четвертый этап методики заключается в разработке алгоритма формирования основных частей технического плана в 3D-формате на основании пространственных параметров ЛИС, полученных в результате координирования.

При разработке алгоритма использовался параметр трудоемкости, суть которого заключается в минимизации временных ресурсов, стоимости и удобстве пользовательского интерфейса соответствующего программного обеспечения.

Координирование параметров ЛИС целесообразно выполнять комбинированным способом с использованием как GNSS-технологий, так и наземных измерительных технологий с соблюдением второго предлагаемого принципа. Технологическая схема такого координирования приведена в самом диссертационном исследовании, а для ее реализации предлагается следующая форма технического плана, в которую будут вноситься соответствующие пространственные характеристики параметров ЛИС (таблица 1).

Таблица 1 – Предлагаемая форма фрагмента технического плана ЛИС

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЛАН									
Пространственное описание местоположения здания, сооружения, объекта незавершенного строительства на земельном участке в формате 3D									
№	Пространственные координаты (м)			Длины линий (м)				Средние квадратические погрешности определения пространственных координат и высот (см)	
	x	y	H	$S_{\text{ПЛОСК}}$	$S_{\text{ПРОСТ}}$	$L_{\text{ПЛОСК}}$	$L_{\text{НАКЛ}}$	$m_{x,y}$	m_H
1	x_1	y_1	H_1					m_1	m_{H1}
				S_{1-2}	S_{1-2}	L_{1-2}	L_{1-2}		
2	x_2	y_2	H_2					m_2	m_{H2}
.
				S_{n-1-n}	S_{n-1-n}	L_{n-1-n}	L_{n-1-n}		
n	x_n	y_n	H_n					m_n	m_{Hn}
				$\Sigma S_{\text{ПЛОСК}}$	$\Sigma S_{\text{ПРОСТ}}$	$\Sigma L_{\text{ПЛОСК}}$	$\Sigma L_{\text{НАКЛ}}$	$m_{\text{НОРМ}}$	$m_{\text{НОРМ}}$

Сравнение между собой дополнительных параметров (длин линий) обеспечит контроль выполнения предложенных принципов для 3D-моделирования ЛИС. Так сравнение измеренных длин линий ($\sum L_{\text{ПЛОСК}}$) со своими значениями, вычисленными по координатам ($\sum S_{\text{ПЛОСК}}$), определит соответствие метрики координатного пространства первому предлагаемому принципу. Сравнение $\sum S_{\text{ПЛОСК}}$ и $\sum S_{\text{ПРОСТ}}$, определит влияние рельефа на длину ЛИС, а параметр $\sum L_{\text{НАКЛ}}$ – фактическую длину линейного инженерного сооружения на местности, которую необходимо в качестве дополнительной характеристики вносить в ЕГРН.

Отметим, что вычисление пространственной длины линии ($S_{\text{ПРОСТ}}$) в предлагаемой координатной системе выполняется по следующей формуле:

$$S_{\text{ПРОСТ}} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (H_i - H_j)^2}. \quad (3)$$

Вычисления средних квадратических погрешностей (СКП) определения параметров ЛИС (список формул для вычисления СКП в зависимости от способа координирования) приведены в диссертационном исследовании, они позволяют сделать заключение о выполнении второго принципа 3D-моделирования.

В третьем разделе диссертационного исследования выполнена апробация разработанной методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений на примере производственных объектов трубопроводного транспорта газоснабжения, расположенных на территории Томской области и региона Дальнего Востока.

В соответствии с разработанной методикой исходными данными для выполнения кадастровых работ служили: кадастровые планы территории, выписки из ЕГРН об объектах недвижимости, топографо-геодезическая изученность территории, соответствующая проектная документация и правоустанавливающие документы.

Выбор измерительного технологического оборудования, исходя из предложенных принципов 3D-моделирования, был обусловлен нормативными требова-

ниями для выполнения кадастровых и градостроительных работ. Следовательно, созданная 3D-модель территории будет служить основой как для составления технического плана, так и основанием для проверки проектной документации на соответствие фактическим размерам инженерных сооружений, построенным на местности.

Согласно второму предложенному принципу было выбрано измерительное технологическое оборудование, исходя из установленных градостроительных требований для определения пространственных параметров данных объектов, которое выполняет условие $m_{\text{НОРМ}} = 0,02$ м (критерий (2)). Исходя из такого допуска и особенностей исследуемого объекта, было выбрано следующее измерительное технологическое оборудование: наземный лазерный сканер Leica Scan Station C10 с точностью определения точек $m_{\text{СКАН}} = 0,6$ см на 50 м, трассопоисковый приемник Ridgid SR-24 Seek Tech и полостной лазерный сканер Void Scanner VS+ с точностью определения местоположения $m = 5$ см.

3D-моделирование объекта исследований выполнялось в строгом соответствии с предложенной системой принципов и разработанным алгоритмом (см. рисунок 2).

Для выполнения лазерного сканирования в результате рекогносцировки были выбраны точки установки лазерного сканера, показанные на рисунке 3. Эти точки выбирались и закреплялись на местности в соответствии со следующими предложенными требованиями:

- точки должны быть расположены в местах, обеспечивающих им долговременную сохранность и прямую оптическую видимость между собой;
- точки должны быть расположены таким образом, чтобы при осуществлении сканирования на ОКС возникали зоны перекрытия.

Контроль точности лазерного сканирования выполнялся путем сравнения длин линий между точками установки лазерного сканера, полученных на основании GNSS-определений и измеренных электронным тахеометром с использованием уравнения (1).



Условные обозначения:

- - точки установки лазерного сканера
- ▲ - исходные пункты геодезического обоснования населенного пункта, с координатами в координатной системе, принятой в соответствии с законодательством для осуществления кадастровых работ
- - линии, измеренные электронным тахеометром для контроля точности выполненного лазерного сканирования
- (blue) - подземный контур сооружения трубопроводного транспорта газоснабжения
- (green) - наземный и надземный контур сооружения трубопроводного транспорта газоснабжения

Рисунок 3 – Схема расположения мест установки точек лазерного сканирования

Вторым критерием оценки точности является вариант, при котором пространственные координаты точек ОКС, полученные в результате лазерного сканирования и определенные электронным тахеометром, сравниваются между собой и на основании формулы Гаусса вычисляется данный точностной критерий

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}}, \quad (4)$$

где n – число контрольных точек;

Δ_i – расхождение между результатами лазерного сканирования и контрольными измерениями электронным тахеометром.

Полученный при математической обработке массив точек приведен на рисунке 4.

Построение 3D-модели ЛИС было осуществлено в программном комплексе Autodesk Revit путем векторизации полученного изображения геометрическими фигурами в соответствии с принятым классификатором, приведенным в тексте диссертации (рисунок 5).

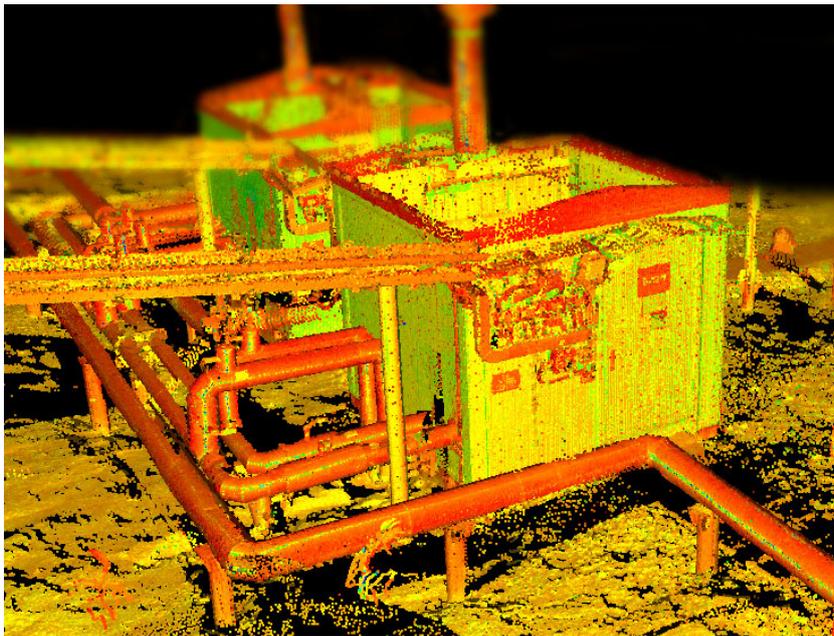


Рисунок 4 – Результат предварительной обработки измерений и сшивки массива точек в единое облако в программном комплексе Leica Cyclone

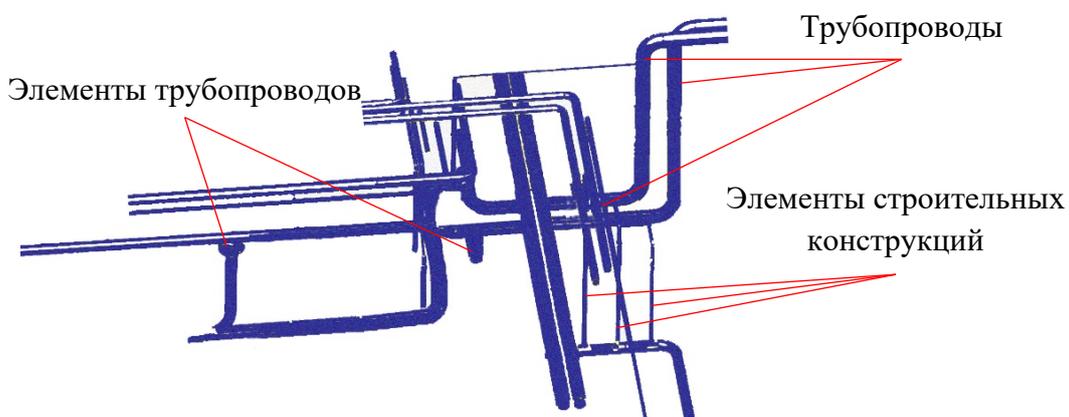


Рисунок 5 – Фильтрация результатов измерений и представление массива точек в векторном формате в программном комплексе Autodesk Revit

Выполнение 3D-моделирования производилось в координатной системе, установленной действующим земельно-имущественным законодательством – в плоской прямоугольной системе координат в проекции Гаусса – Крюгера с учетом третьей координаты H , согласно шестому предложенному принципу.

Оформление фрагмента трехмерной модели ЛИС и детализация параметров линейных инженерных сооружений (рисунок 6) были выполнены в программном комплексе Autodesk Revit в формате DWG в соответствии с пятым предлагаемым принципом.

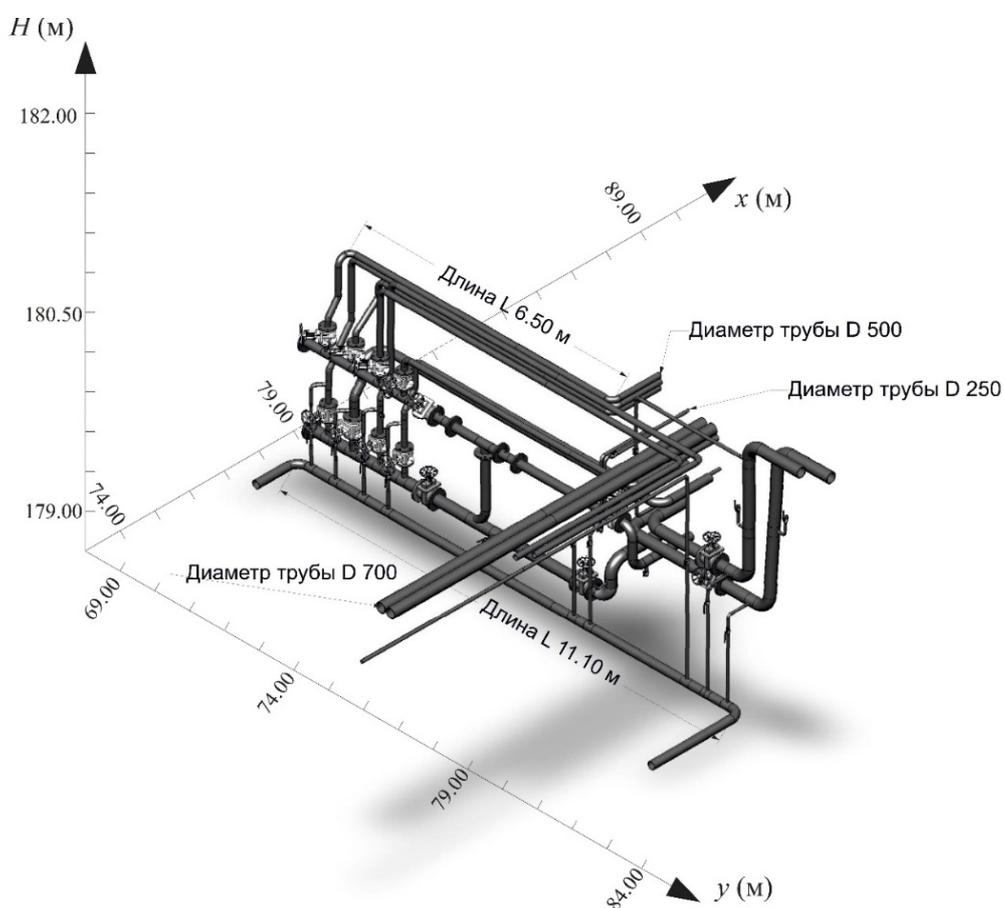


Рисунок 6 – 3D-модель ЛИС в плоской прямоугольной координатной системе, используемой при выполнении кадастровых работ, дополненная третьей координатой H

Одновременно с этим пространственные координаты ОКС вычислялись в координатной системе, принятой при проведении градостроительной деятель-

ности, что позволило выполнить актуализацию сведений ГИСОГД и внести их на дежурный топографический план в векторном формате.

Математическая обработка результатов координатных определений в соответствии с предложенной новой формой подготовки технического плана позволяет утверждать, что в соответствии с четвертым предложенным принципом метрика построенной 3D-модели ЛИС соответствует реальным размерам на местности и, следовательно, подготовленная пространственная модель может быть использована как для выполнения кадастровых работ, так и контроля градостроительной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований достигнута цель диссертационной работы: разработана методика информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений.

Основные научные и практические результаты заключаются в решении следующих основных научно-технических вопросов:

– выполнен информационно-аналитический обзор существующих методик и технологий по выполнению кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений, который позволил определить существующие проблемы в области информационного обеспечения кадастровых работ и сформулировать цель и основные научно-технические задачи диссертационного исследования;

– предложена система принципов для 3D-моделирования линейных наземных и подземных инженерных сооружений, основанная на выборе метрики координатного пространства территориального образования и используемого измерительного технологического оборудования, исходя из поставленных задач при реализации кадастровой и градостроительной деятельности;

– разработан алгоритм 3D-моделирования по результатам координатных определений характерных точек, позволяющий определять пространственные параметры линейных наземных и подземных инженерных сооружений, оценивать точность получаемых результатов и формировать технический план инженерного сооружения в формате 3D;

– разработана методика информационного обеспечения кадастровых работ на основании предложенной системы принципов и алгоритма 3D-моделирования линейных наземных и подземных инженерных сооружений, которая позволяет увеличить полноту и повысить достоверность кадастровой информации о линейных наземных и подземных инженерных сооружениях за счет выбора системы координат и измерительного технологического оборудования, а также использовать созданную математическую модель для градостроительной деятельности и формирования 3D-модели территориального образования;

– выполнена апробация разработанной методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений на примерах сооружений трубопроводного транспорта газоснабжения, расположенных на территориях Томской области и Дальнего Востока, на основании которой было установлено, что построенная с использованием предложенных принципов 3D-модель линейных наземных и подземных инженерных сооружений соответствует требованиям информационного обеспечения как кадастровых, так и градостроительных работ.

Результаты диссертационного исследования рекомендуются к использованию кадастровыми инженерами при выполнении кадастровых работ, в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений, а также в организациях, осуществляющих градостроительную и кадастровую деятельность.

Перспективы дальнейших исследований по данному направлению заключаются в интеграции разработанной методики в технологическую схему формирования 3D-модели территориальных образований Российской Федерации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Проблемы информационного обеспечения инженерных коммуникаций в условиях цифровизации сферы земельно-имущественных градостроительных отношений / Н. В. Гатина, М. В. Козина, К. В. Соина, Е. И. Аврунев, С. В. Пьянков. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 6. – С. 117–128.

2 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.

3 Трехмерная визуализация неблагоприятных природных условий для корректировки кадастровой стоимости земель / Е. И. Аврунев, Н. В. Гатина, М. В. Козина, В. К. Попов. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 181–190.

4 Гатина, Н. В. Представление подземного пространства в открытых информационных системах / Н. В. Гатина. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 24–26 апреля 2019 г.) – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. Т. 2, № 2. – С. 207–214.

5 Гатина, Н. В. Особенности развития территориального планирования г. Томска / Н. В. Гатина, М. В. Козина. – Текст : непосредственный // Труды XXIII Международного симпозиума имени 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. – Томск, 2019. – Т. 1. – С. 434–435.

6 Gatina, N. V. Comparative studies on the application of 3D cadastre in Russia and other countries / N. V. Gatina, T. A. Kadetova. – Текст : непосредственный // Journal of Economics and Social Sciences. – 2019. – № 14. – С. 76–81.

7 Гатина, Н. В. Пути развития государственных геоинформационных систем для решения задач территориального управления в едином информационном пространстве / Н. В. Гатина, М. В. Козина. – Текст : непосредственный // Материалы национальной научно-практической конференции «Дальний Восток: Проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса». – Хабаровск, 2019. – Вып. 19. – С. 252–256.

8 Гатина, Н. В. Анализ применения трехмерных кадастровых систем зарубежных стран / Н. В. Гатина, М. В. Козина, Н. В. Гусева. – Текст : непосредственный // 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. В 2 ч. Ч. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – С. 205–210. – DOI 10.33764/2687-041X-2020-1-205-210.

9 Гатина, Н. В. Современные задачи развития государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности / Н. В. Гатина, М. В. Козина. – Текст : непосредственный // Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Томск, 2020. – Т. 1. – С. 425–427.