

*М. В. Мурзинцева*¹✉

Анализ технологий, программных комплексов в изысканиях и проектировании инженерных коммуникаций

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: murzmv@mail.ru

Аннотация. Данная статья представляет обзор и анализ современных программных комплексов, предназначенных для выполнения комплекса инженерных изысканий и проектирования инженерных сетей [1]. Рассмотрен полный цикл работ – от сбора данных с помощью ГНСС, БПЛА, георадаров и лазерного сканирования до создания интеллектуальных 3D-моделей на основе интеграции CAD, ГИС и BIM-технологий. В рамках исследования проводится сравнительный анализ функциональных возможностей и областей эффективного применения ведущих программных продуктов, включая Autodesk Civil 3D, Bentley OpenUtilities, ESRI ArcGIS Utility Network, Geocad System и nanoCAD. Выявляются их ключевые преимущества и специализация: Civil 3D предназначен для проектирования линейных объектов и автоматического расчета земляных работ, OpenUtilities ориентирована на комплексное сопровождение объектов коммунальной инфраструктуры - от проектирования до эксплуатации, ArcGIS применяется для пространственного анализа и данных, nanoCAD представляет собой отечественную CAD-платформу, обеспечивающую базовое проектирование. Платформа Geocad System осуществляет комплексный подход к управлению территориями, поддержкой всех форматов данных и полным соответствием отечественным стандартам.

Ключевые слова: инженерные коммуникации, геоинформационные системы, BIM-технологии, программные комплексы

*М. В. Murzintseva*¹✉

Analysis of technologies and software systems in surveys and design of underground utilities

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: murzmv@mail.ru

Abstract. This article provides an overview and analysis of modern software suites designed for conducting a complex of engineering surveys and designing utility networks [1]. It examines the full cycle of work—from data collection using GNSS, UAVs, ground-penetrating radar, and laser scanning to the creation of intelligent 3D models based on the integration of CAD, GIS, and BIM technologies. The study conducts a comparative analysis of the functional capabilities and areas of effective application of leading software products, including Autodesk Civil 3D, Bentley OpenUtilities, ESRI ArcGIS Utility Network, Geocad System, and nanoCAD. Their key advantages and specializations are identified: Civil 3D is designed for linear object design and automatic earthwork calculation; OpenUtilities is focused on the comprehensive management of utility infrastructure assets—from design to operation; ArcGIS is used for spatial data analysis; nanoCAD is a domestic CAD platform providing basic design capabilities. The Geocad System platform offers a comprehensive approach to land management, supports all data formats, and ensures full compliance with domestic standards.

Keywords: utility networks, geographic information systems, BIM technologies, software packages

Введение

Проектирование и строительство надземных и подземных инженерных коммуникаций относится к сложным и ответственным задачам городского планирования и инфраструктурного развития. Интенсивный рост объемов строительства инженерных коммуникаций [2] в условиях существующей плотной городской застройки не позволяет использовать в полной мере двумерные чертежи. Качественным прорывом стала цифровизация отрасли [3], основанная на интеграции передовых технологий полевых изысканий и обработки полученных данных в программных комплексах [4,5]. Сегодня речь идет не просто о создании чертежей, а о формировании цифрового двойника.

Основная задача данного обзора – систематизировать современные инструменты, выстроив их в единый технологический цикл от полевых измерений до принятия управленческих решений на основе цифровой модели.

Методы и материалы

В настоящий момент уровень развития технологий позволяет говорить о переходе от традиционных методов съемки к автоматизации процесса полевых измерений. Для построения точной цифровой модели инженерных коммуникаций необходим качественный сбор данных, осуществляемый за счет комплекса технологий (табл. 1).

Таблица 1

Современные технологии полевых изысканий

Технология	Решаемая задача	Получаемые данные
Глобальные спутниковые навигационные системы (ГНСС)	Создание геодезической основы, привязка всех объектов	Высокоточные координаты точек
Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)	Получение актуальной топоосновы	Ортофотоплан, ЦМР, 3D-модель поверхности
Георадар (GPR)	Поиск и трассировка подземных коммуникаций	Радарограммы (2D/3D), данные о глубине и ориентировочном расположении коммуникаций
Наземное лазерное сканирование (НЛС)	Фиксация сложных объектов (коллекторы, тоннели), исполнительная съемка	Детализированное облако точек
Тахеометр	Детальная съемка в "слепых" для ГНСС зонах, разбивка	Точные плановые и высотные данные

ГНСС, в частности технологии реального времени RTK и сетевые VRS-решения, сформировали новый стандарт в построении геодезического обоснования [6]. Они обеспечивают определение планово-высотных координат с сантиметровой точностью непосредственно в полевых условиях, что делает их незаменимыми для создания опорных сетей и привязки объектов на протяженных территориях.

Аэрофотосъемка с применением БПЛА кардинально изменила подходы к топографо-геодезическому обеспечению проектов [7]. Последующая обработка полученных снимков методами фотограмметрии позволяет в сжатые сроки генерировать высокоточные ортофотопланы, цифровые модели местности и рельефа. Эти продукты не только фиксируют актуальное состояние территории, но и позволяют выявлять косвенные признаки расположения подземных сооружений, такие как линии люков, ревизионных колодцев и проседания грунта.

Георадарное обследование (GPR) занимает ключевую позицию в арсенале неразрушающих методов изучения подземного пространства [8]. Этот инструмент позволяет проводить трассировку инженерных сетей, определяя с приемлемой точностью глубину их залегания, пространственную конфигурацию и в некоторых случаях - материал труб или кабелей. Его применение на стадии предпроектных работ является важнейшей мерой по минимизации рисков повреждения существующих коммуникаций в процессе земляных работ.

Технология НЛС предоставляет возможность создания высоко детализированных и метрически точных цифровых копий реальных объектов [9]. При обследовании таких сложных инженерных сооружений, как тоннели и транспортные развязки, НЛС обеспечивает высокий уровень детализации и объективности, фиксируя объект в виде плотного облака точек.

Электронные тахеометры сохраняют свою актуальность для выполнения высокоточных измерений в условиях, где использование спутниковых технологий затруднено или невозможно - в плотной городской застройке, подземных выработках и лесных массивах [10, 11]. Они остаются основным инструментом для детальной съемки, выноса проектных решений в натуру и проведения исполнительных съемок.

Применение какого-либо одного технологического решения не может обеспечить требуемой полноты и достоверности данных. Максимальная эффективность процесса изысканий достигается за счет объединения технологий [12, 13]. Именно такой комбинированный подход позволяет сформировать комплексное и надежное цифровое информационное поле, которое служит фундаментом для последующего построения 3D-модели и, в конечном итоге, - создания полноценного цифрового двойника.

Результаты

Все программные продукты, используемые при изысканиях и проектировании инженерных коммуникаций, можно разделить на три основных класса схема приведена на рис. 1.

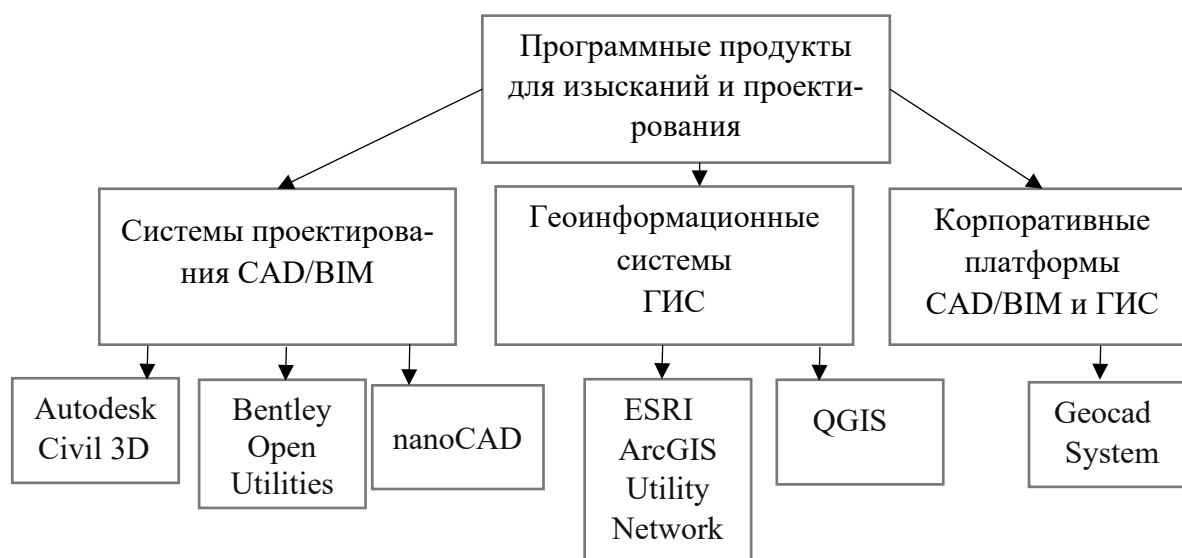


Рис. 1. Схема классификации программных комплексов для изысканий и проектирования инженерных коммуникаций

Системы проектирования и детального 3D-моделирования (CAD/BIM): данные программные комплексы ориентированы на решение задач проектирования новых объектов. Их ключевая функция заключается в создании детализированных трехмерных моделей, обеспечивающих высокую точность геометрических параметров, и автоматизированной генерации полного пакета рабочей и проектной документации, соответствующей отраслевым стандартам.

Геоинформационные системы (ГИС): служат для работы с пространственными данными, предоставляя инструментарий для их систематизированного сбора, организации в базы данных, комплексного анализа и интуитивно понятной визуализации. Наиболее востребованы ГИС для ведения цифровых реестров и кадастров существующих инженерных коммуникаций, обеспечивая их актуальность и доступность.

Корпоративные платформы управления активами. Это высокоуровневые интегрированные решения, которые синтезируют в себе функциональные возможности CAD/BIM и ГИС. Их основная задача управление всем жизненным циклом объектов инфраструктуры, от проектирования и строительства до эксплуатации и прекращения функционирования объекта, что делает их незаменимыми для стратегического управления коммуникациями в масштабах крупных городов и предприятий. Сравнительная таблица программных комплексов представлена в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная таблица программных комплексов

Про- грамма/ система	Geocad System	Autodesk Civil 3D	Bentley Open Utilities	ESRI ArcGIS Utility Network	nanoCAD
Основная катего- рия	Корпоративная ГИС-платформа с полным цик- лом работ	CAD/BIM для проекти- рования	CAD/BIM для проекти- рования се- тей	ГИС-плат- форма для управления ак- тивами	CAD-плат- форма
Основная функция	Сквозное про- ектирование, ведение реестра и управление жизненным циклом комму- никаций	Проектиро- вание линей- ных объек- тов, генера- ция чертежей	Проектиро- вание и управление данными ин- женерных сетей	Создание, управление и анализ тополо- гически свя- занных сете- вых моделей	Базовое проектиро- вание и чер- чение
Скорость создания 3D	Максимальная (готовые шаб- лоны и библио- теки компонен- тов)	Высокая (требуется настройки шаблонов)	Высокая (библиотеки компонен- тов)	Низкая (не предназначена для создания 3D-геометрии)	Низкая (ручное мо- делирова- ние)
Работа с докумен- тами	Единое храни- лище всех фор- матов (DWG, PDF, DOC, TXT, сканы)	Ограничен- ная (DWG, SHP)	Ограничен- ная (DGN, PDF)	Ограниченная (ориентиро- вана на про- странственные данные и атри- буты)	Базовые CAD-фор- маты
Поддер- живае- мые фор- маты данных	SHP, DWG, DXF, IFC, LandXML, KML, PDF, JPG	DWG, SHP, IFC, LandXML	DGN, SHP, IFC, XML	База геодан- ных, SHP, KML, CSV, DWG/DXF (импорт)	DWG, DXF, SHP
Библио- тека стандарт- ных ре- шений	Полная база ти- повых проектов и компонентов	Требуется са- мостоятель- ной настройки	Расширен- ные библио- теки компо- нентов	Требуется адап- тации и настройки	Ограничен- ная библио- тека
Идеаль- ный пользо- ватель	Муниципали- теты, эксплуа- тирующие орга- низации, про- ектные инсти- туты	Проектиров- щики	Крупные се- тевые компа- нии	Корпоратив- ные заказчики, муниципали- теты (между- народный уро- вень)	Малые про- ектные ор- ганизации

Про- грамма/ система	Geocad System	Autodesk Civil 3D	Bentley Open Utilities	ESRI ArcGIS Utility Network	nanoCAD
Мобиль- ное при- ложение	Да	Нет	Да	Да	Нет
Доступ- ность ли- цензии для РФ	Полная	Ограничен- ная	Ограничен- ная	Ограниченная	Полная

Обсуждение

Geocad System Enterprise Edition (GSEE) является оптимальным решением для создания цифрового двойника инженерных коммуникаций, позволяя быстро создавать 3D-модели на основе готовых шаблонов и объединять разнородные данные в единой платформе. Цифровой двойник инфраструктуры рассматривается как единая платформа для управления всем жизненным циклом инженерных сетей – от проектирования и строительства до эксплуатации.

Программа обеспечивает комплексный подход к управлению территорией, поддерживая все необходимые форматы данных и предоставляя мощные инструменты для 3D-визуализации и пространственного анализа.

Заключение

Интенсивное развитие инженерных сетей в условиях плотной городской застройки делает традиционные методы планирования и проектирования недостаточно эффективными. В качестве перспективного решения данной проблемы выступает создание комплексных 3D-моделей надземного и подземного пространства. Эти модели, интегрирующие геологические данные, сведения о существующих коммуникациях и сооружениях, позволяют преодолеть разрозненность информации и обеспечивают принципиально новый уровень принятия проектных, градостроительных решений. Это позволяет перевести управление городской инфраструктурой на качественно новый уровень, минимизируя риски и оптимизируя затраты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. М. В. Мурзинцева, Е. В. Минченко, М. Н. Мурзинцев. Этапы проектирования инженерных коммуникаций в условиях плотной городской застройки //Интерэкспо ГЕОСибирь. XIX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сборник материалов в 8 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. Т. 1. – 96–102.
2. Теличенко В.И., Зерцалов М.Г., Конюхов Д.С, Королевский К.Ю., Король Е.А. Современные технологии комплексного освоения подземного пространства мегаполисов. – Москва: АСВ, – 2010. – 360 с
3. Отчет «Оценка применения BIM-технологий в строительстве. Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских

компаний» // Информационный портал Национального объединения изыскателей и проектировщиков (электронный ресурс). http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchot.pdf (Дата обращения 27.10.2025).

4. Жидков Р.Ю., Бучкин М.Н., Серов А.Ю. Трехмерная компьютерная модель подземного пространства как инновационный градостроительный инструмент // Жилищное строительство. – 2017. – № 5. – С. 30–33

5. Saeidian B., Rajabifard A., Atazadeh B., Kalantari M. A semantic 3D city model for underground land administration: Development and implementation of an ADE for CityGML 3.0 // Tunneling and Underground Space Technology. – 2023. – Vol. 140. – P. 30–33

6. Пшидаток С.К., Солодунов А.А., Сарксян Л.Д., Харатьян А.А. Опыт применения спутниковой геодезической аппаратуры при проведении инженерно-геодезических изысканий // Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина – 2022. – № 177. – С. 247-257.

7. Шкретов А.А., Турк Г.Г. Беспилотные летательные аппараты в геодезии методы их применения // Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина– 2023. – Том 8. – № 5. – С. 243-251

8. Пшенин В.В., Комаровский М.С., Подлесный Д.С., Розанова Л.Р. Современные тенденции развития технологий определения местоположения газопроводов из неметаллических труб // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья– 2021. – № 5-6 – С. 17-26.

9. Ковач Н.С. Картографирование линейных инженерных объектов по данным лазерного сканирования // Вестник московского университета. Серия 5: география – 2013. – № 1. – С. 47-54.

10. В. Г. Сальников, В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова, Т. А. Хлебникова. Применение современных автоматизированных геодезических приборов для мониторинга гидротехнических сооружений ГЭС // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 108–123

11. Скрипникова М. А. Возможности применения автоматизированных высокоточных электронных тахеометров при измерении деформаций инженерных сооружений // ГЕОСибирь-2010. VI Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, –2010. –Т. 1, ч. 1. – С. 131–134.

12. М. В. Мурзинцева, Е. В. Минченко, В. Е. Терещенко, М. Н. Мурзинцев. Совершенствование методики выполнения инженерно-геодезических изысканий для проектирования подземных коммуникаций. // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 5. – С. 50–59

13. Е. В. Минченко, М. В. Мурзинцева, С. И. Васютинская. Технологическая схема составления цифровых топографических планов инженерных коммуникаций с элементами их визуализации // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 5–13

© М. В. Мурзинцева, 2026