IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 22 Issue 01 IYUN 2026

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНЫХ ВОДОПРОВОДОВ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Романюк Юлия Анатольевна
Доцент кафедры «Инженерная геоматика»
Ташкентский архитектурно-строительный университет
Ташкент, Узбекистан,
E-mail: yulechka.romanyuk@mail.ru

Ганиев Ахрор Икромжон угли
Студент Ташкентского архитектурно-строительного университета.
E-mail: akhrorganiev0@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты геодезического обеспечения строительства магистральных водопроводов как сложных линейно-протяжённых инженерных сооружений. Проанализирована нормативно-техническая база геодезических работ в Республике Узбекистан, определены требования к точности разбивочных и исполнительных съёмок. Особое внимание уделено методам создания планово-высотного обоснования, технологиям перенесения проекта в натуру с использованием электронных тахеометров и лазерных систем, а также автоматизации процесса построения планов подземных коммуникаций в среде AutoCAD Civil 3D. На основе выполненных исследований предложена комплексная методика геодезического контроля на всех этапах строительства водопроводных магистралей, позволяющая минимизировать риски отклонений от проектных параметров и обеспечить долговечность эксплуатации сетей водоснабжения.

Ключевые слова: инженерная геодезия, магистральный водопровод, планово-высотное обоснование, исполнительная съёмка, AutoCAD Civil 3D, геодезический контроль, подземные коммуникации, трассирование, нивелирование.

GEODETIC SUPPORT FOR THE CONSTRUCTION OF MAIN WATER SUPPLY PIPELINES: METHODOLOGY AND PRACTICAL ASPECTS

Annotation. The article examines the theoretical and practical aspects of geodetic support for the construction of main water supply pipelines as complex linear-extended engineering structures. The regulatory and technical framework for geodetic works in the Republic of Uzbekistan is analyzed, and the accuracy requirements for stakeout and as-built surveys are determined. Special attention is paid to methods of creating plan-altitude reference networks, technologies for transferring the project to the field using electronic total stations and laser systems, as well as automation of the process of constructing underground utility plans in the AutoCAD Civil 3D environment. Based on the conducted research, a comprehensive methodology for geodetic control at all stages of water main construction is proposed, which allows minimizing the risks of deviations from design parameters and ensuring the durability of water supply network operation.

Keywords: engineering geodesy, main water pipeline, plan-altitude reference network, as-built survey, AutoCAD Civil 3D, geodetic control, underground utilities, route tracing, levelling.

MAGISTRAL SUV QUVURLARI QURILISHINING GEODEZIK TA'MINOTI: METODOLOGIYA VA AMALIY JIHATLAR

Annotatsiya. Maqolada magistral suv quvurlarini murakkab chiziqli-cho'zilgan muhandislik inshootlari sifatida qurishning geodezik ta'minotining nazariy va amaliy jihatlari ko'rib chiqiladi. O'zbekiston Respublikasida geodezik ishlarning me'yoriy-texnik bazasi tahlil qilingan, joyga ko'chirish va ijro geodezik suratga olish ishlarining aniqligiga qo'yiladigan talablar belgilangan. Elektron taxeometrlar va lazer tizimlaridan foydalangan holda loyihani joyga ko'chirish texnologiyalari, shuningdek, AutoCAD Civil 3D muhitida yer osti kommunikatsiyalari rejalarini qurish jarayonini avtomatlashtirishga alohida e'tibor qaratilgan. O'tkazilgan tadqiqotlar asosida suv magistrallarini qurishning barcha bosqichlarida geodezik nazoratning kompleks metodikasi taklif etilgan bo'lib, bu loyiha parametrlaridan chetlanish xatarlarini minimallashtirish va suv ta'minoti tarmoqlarining ishlash muddatini ta'minlash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: muhandislik geodeziyasi, magistral suv quvuri, rejali-balandlik asosi, ijro geodezik suratga olish, AutoCAD Civil 3D, geodezik nazorat, yer osti kommunikatsiyalari, trassalash, nivelirlash.

ВВЕДЕНИЕ. В современных условиях урбанизации и расширения населённых пунктов одной из приоритетных задач инженерного обеспечения является создание и поддержание надёжных систем жизнеобеспечения, среди которых центральное место занимает магистральный водопровод. Эффективная эксплуатация таких линейных сооружений напрямую зависит от качества проектных и строительно-монтажных работ, где ключевая роль отводится геодезическому сопровождению. Ошибки на этапе выноса проекта в натуру или несоблюдение проектных уклонов могут привести не только к неоправданному увеличению объёма земляных работ на 35-40 %, но и к серьёзным авариям в процессе эксплуатации [1, с. 12].

В Республике Узбекистан вопросы модернизации сетей водоснабжения закреплены на государственном уровне (Постановление Президента № ПП-257), что диктует необходимость применения высокоточных методов геодезического контроля и современных технологий при прокладке труб [2]. Согласно программным документам, к 2026 году планируется обеспечить централизованным водоснабжением 87 % населения страны, а долю потерь в сетях снизить с нынешних 30-35 % до 18-20 %. Достижение этих показателей требует не только строительства новых объектов, но и масштабной реконструкции изношенного фонда - по различным оценкам, около 40 % сетей водоснабжения в крупных городах имеют сверхнормативный износ.

Цель и задачи исследования. Является научное обоснование и разработка комплексной методики геодезического обеспечения строительства магистральных водопроводов на всех этапах - от изысканий до исполнительной съёмки.



Рис.1. Поземная магистраль водопровода

Теоретической основой работы послужили классические принципы инженерной геодезии, изложенные в трудах М.П. Сироткина, В.И. Михайлова, а также современных исследователей в области геодезического обеспечения строительства линейных сооружений [3; 4].



Рис. 2. Снимок из Google Earth (махалля Ташлашакты,Зангиатинский район, Ташкентская область, пересечение Зангиатинского и Янгиюльского района)

Результаты и обсуждение. Методы создания планово-высотного обоснования. Геодезической основой для производства горизонтальной съёмки служат пункты государственной геодезической сети (1, 2, 3 и 4 классов), пункты сетей сгущения (местного значения) 1 и 2 разрядов, а также пункты съёмочного геодезического обоснования [5]. Выбор метода привязки зависит от степени застроенности территории. На застроенных территориях плановое положение подземных коммуникаций определяется от твёрдых точек капитальной застройки (углы зданий, пересечения осей, красные линии улиц). На незастроенных территориях съёмка ведётся непосредственно от пунктов опорной геодезической сети или точек съёмочного обоснования.

В зависимости от условий местности, требуемой точности и наличия инструментов, горизонтальная съёмка подземных коммуникаций выполняется следующими способами: способ линейных засечек; способ перпендикуляров; способ створов; полярный способ.

Исходной высотной основой для производства вертикальной съёмки служат марки и реперы государственной нивелирной сети I-IV классов. При производстве работ на застроенных территориях допускается использование стенных реперов и марок, заложенных в фундаменты капитальных зданий и сооружений [6].

Основным методом вертикальной съёмки является геометрическое нивелирование, выполняемое с использованием нивелира и нивелирных реек. При производстве работ рекомендуется применять двусторонние шашечные рейки с круглым уровнем. Расхождения в превышениях, полученных по чёрной и красной сторонам реек, для каждой

станции не должны превышать ±5 мм. Расстояние от инструмента до реек не должно быть более 100 м [7].

Технология разбивочных работ при строительстве водопроводов. Разбивочные работы представляют собой перенос проектного положения трассы в натуру. На местности закрепляются ось трубопровода, точки поворота трассы, места установки колодцев, задвижек, пожарных гидрантов и иных сооружений. Разбивка выполняется от пунктов геодезической опорной сети с соблюдением проектных координат и высотных отметок [8].

Горизонтальная разбивка. Применяются методы прямоугольных или полярных координат, а также угловые и линейные засечки. Точность разбивки в плане для подземных коммуникаций должна составлять приблизительно 1:2000. В точках изменения направления трассы производятся измерения правых или левых углов поворота при помощи теодолита, после чего рассчитываются ключевые параметры круговых кривых, включая тангенс, длину кривой, биссектрису и домер [9].

Для фиксации главных точек кривых проводят подготовительные расчёты. По измеренному углу поворота φ и заданному радиусу R вычисляют основные элементы круговой кривой:

Элемент кривой	Формула	Описание	Результат
Тангенс (Т)	$T = R \cdot tg(\alpha/2)$	R - радиус кривой; α - угол поворота трассы	31.780
Длина кривой (К)	$K = \pi \cdot R \cdot \alpha / 180°$	α - угол поворота в градусах	63.372
Биссектриса (Б)	$Б = R \cdot (1/\cos(\alpha/2) - 1)$	Расстояние от середины кривой до вершины угла	1.493
Домер (Д)	$Д = 2T - K$	Разница между суммой тангенсов и длиной кривой	0.188

Зная пикетаж вершины угла поворота, можно найти и закрепить на местности главные точки кривой:

ПК НК = ПК ВУ – Т = 8+78.884 - 31.780 = **8+47.105**

ПК СК = ПК НК + К/2 = 8+47.105 + 63.372/2 = 8+47.105 + 31.686 = **8+78.791**

ПК КК = ПК НК + К [19, с. 79] = 8+47.105 + 63.372 = **9+10.477**

ТРАССИРОВАНИЕ И РАЗБИВКА ТРАССЫ В НАТУРУ. Вынос трассы водопровода в натуру производится путём разбивки главных точек трассы — начала, конца, точек перелома и узловых точек. Разбивка выполняется от пунктов геодезической разбивочной основы с применением полярного или прямоугольного способа. В современных условиях основными инструментами разбивки являются электронные тахеометры класса точности 5″ и GNSS-приёмники в режиме RTK (Real-Time Kinematic).

GNSS-приёмник Leica GS18:

- поддержка GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou;
- точность RTK: план ±8 мм + 1 ppm, высота ±15 мм + 1 ppm;
- технология RTK Plus для устойчивого приёма у воды.

Цифровой нивелир Leica DNA03:

- СКП на 1 км двойного хода ±0,3 мм;
- автоматическое считывание штрих-кода;

- исключение субъективных ошибок

Вертикальная разбивка осуществляется методом геометрического нивелирования от временных реперов. Для напорного водопровода точность укладки по высоте составляет 1-2 сантиметра. Перед началом работ по трассе устанавливаются временные реперы с интервалом не более 50 м в зонах застройки и 150-200 м на незастроенных территориях. Отметки этих реперов определяются методом геометрического нивелирования «из середины» (используется 4-й класс точности или техническое нивелирование), при этом нивелирный ход должен быть замкнут на исходный репер. Допустимая невязка fh не должна превышать 50√L мм, где L — длина хода в километрах [11].

В процессе разработки траншей и последующего монтажа трубопровода применяется комплексная система контроля, состоящая из нескольких ключевых элементов. Визирки, представляющие собой Т-образные рейки из дерева или металла унифицированной длины, устанавливаются над траншеей с интервалом 5-10 м; задача монтажника заключается в обеспечении того, чтобы верхние грани визирок формировали непрерывную прямую, параллельную проектному уклону лотка трубы [21, с. 112].

Исполнительная съёмка подземных коммуникаций. Исполнительная съёмка подземных коммуникаций является завершающим этапом инженерно-геодезических работ при строительстве и прокладке сетей водоснабжения. Основной целью исполнительной съёмки является определение фактического положения построенных подземных коммуникаций относительно существующей геодезической основы, а также контроль соответствия выполненных работ проектной документации и строительным нормам [12].

Исполнительная съёмка линий водоснабжения выполняется после завершения монтажа трубопроводов, но до их окончательной засыпки грунтом. Это необходимо для точного определения планового и высотного положения труб, колодцев, задвижек, гидрантов, фасонных частей и других элементов сети [14]. Полученные данные используются при составлении исполнительных чертежей и пополняют сведения о подземных коммуникациях населённого пункта или объекта строительства [15].

По результатам полевых измерений выполняется камеральная обработка данных. На этом этапе вычисляются координаты и высотные отметки точек, составляются исполнительные схемы и планы. Исполнительный чертёж подземных коммуникаций содержит: фактическое положение водопроводной линии; размеры и привязки к капитальным объектам; отметки глубин заложения; диаметр и материал труб; расположение колодцев, задвижек и гидрантов; пересечения с другими инженерными сетями; сведения об отклонениях от проекта [18].

Исполнительные планы составляются в масштабах 1:500 или 1:1000 в зависимости от назначения объекта и требований технического задания. На чертежах применяются условные обозначения, установленные нормативными документами и стандартами топографо-геодезических работ [19].

5. Автоматизация построения планов подземных коммуникаций в AutoCAD Civil 3D. Построение планов подземных коммуникаций в среде AutoCAD представляет собой комплексный процесс, объединяющий обработку полевых геодезических данных, создание цифровой модели местности, нанесение инженерных сетей и оформление итоговой документации в соответствии с нормативными требованиями [20]. Наиболее эффективным инструментом для выполнения указанных задач является специализированный программный продукт AutoCAD Civil 3D, входящий в семейство решений Autodesk для инфраструктурного проектирования [21].

В отличие от базового AutoCAD, ориентированного на универсальное черчение, AutoCAD Civil 3D предоставляет специализированные инструменты для работы с

инженерными сетями, включая создание трубопроводных сетей, автоматическое построение продольных профилей, формирование ведомостей труб и колодцев [22]. Как показано в практических исследованиях, трёхмерное моделирование подземных коммуникаций на основе крупномасштабного топографического плана масштаба 1:500 может быть выполнено с минимальными временными затратами без дополнительных полевых измерений [23].

Импорт исходных геодезических данных. Первым этапом построения плана подземных коммуникаций является импорт исходных геодезических данных в программную среду. AutoCAD Civil 3D поддерживает импорт данных из различных форматов, наиболее важным из которых является LandXML — открытый стандарт представления геодезических и инженерно-строительных данных, основанный на языке XML [33]. При импорте файла LandXML поддерживаются следующие типы данных: точки COGO (координатная геометрия); поверхности (цифровая модель рельефа); участки (границы территорий) [24].

Создание трубопроводных сетей. Центральным этапом построения плана подземных коммуникаций является создание объектов инженерных сетей. В AutoCAD Civil 3D для этих целей используется механизм трубопроводных сетей (Pipe Networks), объединяющий в единую структуру трубы и колодцы с заданными параметрами и правилами проектирования [25].

Перед созданием сети необходимо настроить список элементов - библиотеку типов труб и колодцев, доступных для использования. Процесс настройки включает: создание списка элементов с указанием имени (например, «Напорный водопровод»); добавление типов труб с выбором категории и типоразмеров; назначение стилей отображения и правил проектирования (максимальное покрытие, минимальное покрытие, минимальный уклон, максимальный уклон); настройку колодцев с выбором семейства элементов [26].

При создании сети для каждого объекта (трубы и колодца) автоматически фиксируются следующие свойства: слой; диаметр; материал; глубина заложения; уклон; тип сети (напорная/самотечная) [28].

Построение продольного профиля. Для визуализации высотного положения подземных коммуникаций выполняется построение продольного профиля вдоль оси сети. Процесс включает: создание трассы из элементов сети; выбор поверхности (цифровой модели рельефа); автоматическое формирование «подвала» профиля, содержащего сетку координат, шкалы высот и расстояний, а также проекцию трубопроводной сети на профиль [29].

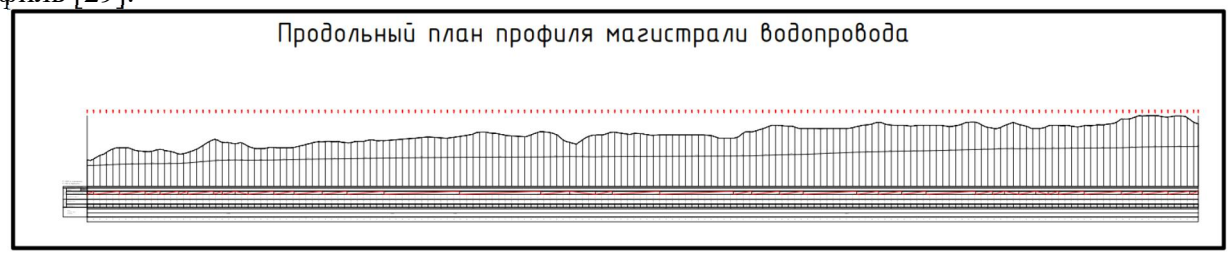


Рис. 3. Продольный профиль магистрали водопровода

Преимущества использования AutoCAD Civil 3D. Обобщая изложенное, можно выделить следующие ключевые преимущества использования AutoCAD Civil 3D для построения планов подземных коммуникаций:

1. Интегрированная среда — объединение процессов обработки геодезических данных, создания цифровой модели рельефа, проектирования сетей и оформления документации в едином программном продукте.

2. Автоматизация рутинных операций — автоматическое формирование профилей, ведомостей труб и колодцев, спецификаций.

3. Правила проектирования — возможность задания нормативных ограничений (уклоны, глубины заложения) с автоматическим контролем их соблюдения.

4. Совместимость форматов — поддержка импорта/экспорта в LandXML, SHP, DGN и другие форматы для обмена данными с другими системами [31].

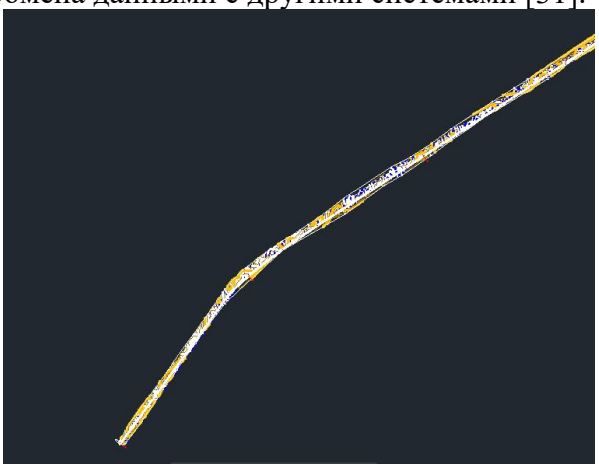


Рис. 4. Импорт точек в AutoCAD Civil 3D

ВЫВОДЫ.

Методология планово-высотного обоснования. Эффективность геодезического обеспечения достигается комплексным применением методов горизонтальной съёмки (линейные засечки, перпендикуляры, створы, полярный способ) и вертикальной съёмки (геометрическое нивелирование). Точность плановой разбивки для подземных коммуникаций должна составлять 1:2000, точность укладки по высоте — 1-2 см.

Технология разбивочных работ. Перенесение проекта в натуру требует прецизионного определения пространственного положения трубопровода с использованием электронных тахеометров и лазерных нивелиров. Применение современных приборов позволяет автоматизировать процесс задания направления и уклона непосредственно в траншее, достигая точности укладки до 3-5 мм на 100 м.

Исполнительная съёмка. Завершающим этапом геодезического контроля является исполнительная съёмка, выполняемая в открытых траншеях до засыпки. На основе полученных данных составляются исполнительные чертежи масштаба 1:500 и продольные профили, которые передаются в муниципальные органы для включения в городскую геоинформационную систему инженерных коммуникаций.

Автоматизация проектирования. Использование AutoCAD Civil 3D позволяет существенно повысить производительность и качество камеральных работ за счёт автоматизации формирования профилей, ведомостей и трёхмерных моделей. Трёхмерное информационное моделирование обеспечивает наглядное отображение пространственного положения всех коммуникаций и позволяет выявлять коллизии на этапе проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сироткин М.П., Михайлов В.И. Инженерная геодезия: учебник для вузов. — М.: Недра, 2017. — 416 с.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-257 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы питьевого водоснабжения населения» // Собрание законодательства Республики Узбекистан. — 2020. — № 12. — С. 45-52.
3. Сироткин М.П. Геодезические работы при строительстве линейных сооружений. — М.: Недра, 2015. — 304 с.
4. Михайлов В.И., Кудрявцев С.А. Современные методы инженерно-геодезических изысканий. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2018. — 256 с.

5. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК. — М.: Недра, 1985. — 152 с.
6. 12. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. — М.: Недра, 2011. — 398 с.
7. Августин М.П., Фёдорова Е.А. Методы инженерно-геодезических измерений. — М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. — 224 с.
8. Правила закрепления центров пунктов государственной геодезической сети. — М.: ГУГК, 1991. — 48 с.
9. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. — М.: Госстрой, 2012. — 112 с.
10. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. — М.: Академический проект, 2017. — 592 с.
11. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Под ред. Д.Ш. Михелева. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2015. — 464 с.
12. Клюшин Е.Б., Киселёв М.И., Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия. — М.: Издательский центр «Академия», 2014. — 480 с.
13. Руководство по нивелированию I, II, III и IV классов. — М.: Недра, 1990. — 120 с.
14. Хаметов Т.И., Усманов А.Т. Геодезическое обеспечение строительства линейных сооружений. — Ташкент: Изд-во ТашГТУ, 2019. — 188 с.
15. СП 317.1325800.2017. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. — М.: Стандартинформ, 2017. — 56 с.
16. Васильев В.П., Сидоренко Н.А. Исполнительные съёмки подземных коммуникаций // Геодезия и картография. — 2018. — № 6. — С. 32-38.
17. Кузнецов А.В. Геодезический контроль при строительстве трубопроводов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. — 2019. — № 4. — С. 56-63.
18. Техническая инструкция по производству геодезических работ при строительстве зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 1989. — 96 с.
19. ВСН 37-84. Инструкция по производству геодезических работ при строительстве магистральных трубопроводов. — М.: Миннефтегазстрой, 1984. — 112 с.
20. Кудрявцев С.А., Петров А.В. Оформление исполнительной документации в геодезическом производстве. — СПб.: Наука, 2020. — 176 с.
21. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / ГУГК. — М.: Недра, 1989. — 286 с.
22. AutoCAD Civil 3D. Руководство пользователя. — Autodesk, 2020. — 1200 с.
23. Полещук Н.Н. AutoCAD Civil 3D 2020. Официальный учебный курс. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 568 с.
24. Подрядчикова Е.Д., Билак К.В. Трёхмерное моделирование подземных коммуникаций в AutoCAD Civil 3D // Инженерные изыскания. — 2021. — № 3. — С. 44-51.
25. Киселёв М.И., Ткачёв В.Н. Использование ГИС-технологий в инженерной геодезии // Вестник СГУГиТ. — 2020. — Т. 25. — № 2. — С. 78-89.
26. Ландшафтное проектирование и инженерная геодезия в Civil 3D / Под ред. А.В. Смирнова. — М.: Эксмо, 2019. — 336 с.
27. Усманов Б.Ш., Рахимов Р.Р. Современные методы камеральной обработки геодезических данных // Наука и инновации. — 2020. — № 5. — С. 23-30.
28. СПДС 21.101-97. Основные требования к проектной и рабочей документации. — М.: Госстрой России, 1997. — 32 с.
29. Закон Республики Узбекистан «Об охране труда» (новая редакция). — Ташкент, 2016. — 48 с.
30. Трудовой кодекс Республики Узбекистан. — Ташкент: Адолат, 2017. — 448 с.

31. SanQvaM № 0224-07. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. — Ташкент, 2007. — 24 с.
32. Абдуллаев Ш.А., Ибрагимов Ш.И., Каримов Р.Т. Геодезическое обеспечение строительства инженерных сетей в условиях Узбекистана // Проблемы архитектуры и строительства. — 2020. — № 3. — С. 11-18.
33. Киселёв М.И., Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия: учебник для вузов. — М.: Издательский центр «Академия», 2014. — 480 с.