

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТА ТОПОГРАФО-
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ (НА
ПРИМЕРЕ ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ АМУДАРЬЯ В ХОРЕЗМСКОЙ
ОБЛАСТИ, УЗБЕКИСТАН)**

Романюк Юлия Анатольевна

Доцент кафедры «Инженерная геоматика»

Ташкентский архитектурно-строительный университет

Ташкент, Узбекистан

Миршарипова Сохиба Мирзарип Кизи

Студентка, Ташкентского архитектурно-строительного университета.

Аннотация. В статье представлены результаты разработки проекта топографо-геодезического обеспечения строительства мостового перехода через реку Амударья в Ханкинском районе Хорезмской области. Проведён детальный анализ физико-географических и климатических условий территории, оказывающих существенное влияние на выбор методов и средств измерений. Обосновано применение высокоточного оборудования — GNSS-приёмника Leica GS18 и цифрового нивелира Leica DNA03 — для создания планово-высотного обоснования. Приведены результаты уравнивания запроектированной геодезической сети в программном комплексе Credo DAT, включая оценку ожидаемых средних квадратических ошибок. Рассмотрены требования к точности геодезических работ на этапах выноса оси моста, монтажа опор и пролётных строений. Отдельное внимание уделено экономико-организационным аспектам и политике в сфере охраны труда при производстве геодезических измерений. Результаты исследования могут быть использованы в качестве типового решения для аналогичных объектов транспортного строительства в регионе Приаралья.

Ключевые слова: инженерно-геодезические изыскания, планово-высотное обоснование, строительство мостов, GNSS-технологии, цифровое нивелирование, Credo DAT, Leica GS18, Leica DNA03, точность геодезических измерений, Хорезмская область, Амударья.

**IMPROVEMENT OF THE TOPOGRAPHIC-GEODESIC
PROJECT DURING CONSTRUCTION OF BRIDGES (ON THE**

EXAMPLE OF CROSSING THE AMU DARYA RIVER IN THE KHOREZM REGION, UZBEKISTAN)

Romanyuk Yulia Anatolevna

Associate Professor of the Department "Engineering Geomatics"

Tashkent University of Architecture and Construction

Tashkent, Uzbekistan

Mirsharipova Sohiba Mirzarif Kizi

Student, Tashkent University of Architecture and Construction.

Annotation. The article presents the results of the development of a topographic-geodetic project for the construction of a bridge crossing over the Amu Darya river in the Khankinsky district of the Khorezm region. Detailed analysis of the physical-geographical and climatic conditions of the territory, which have a significant influence on the choice of measurement methods and means, was carried out. The use of high-precision equipment - GNSS receiver Leica GS18 and digital knife Leica DNA03 - to create a plan-height assessment is justified. The results of the equalization of a designed geodetic network in the Credo DAT software package are given, including an estimate of expected mean square errors. The requirements for accuracy of geodetic work in the stages of removal of the axis of the bridge, installation of supports and spacecraft are considered. Special attention is paid to the economic-organizational aspects and policies in the field of occupational safety in the production of geodetic measurements. The results of the study can be used as a model solution for similar transport construction projects in the Aral Sea region.

Keywords: engineering-geodetic investigations, plan-high justification, construction of bridges, GNSS technology, digital nivelling, Credo DAT, Leica GS18, Leica DNA03, accuracy of geodetic measurements, Khorezm region, Amu'darya.

Введение. Мостовые сооружения являются критически важными элементами транспортной инфраструктуры любого государства, обеспечивая связанность регионов, доступ к социальным и коммерческим объектам, а также устойчивость логистических цепочек.



Рис. 1. Основные функциональные типы мостовых переходов: железнодорожный, автомобильный и специализированный (иллюстративный материал, типовые конструкции)

Для Республики Узбекистан, где транспортная сеть пересекает крупные водные артерии — такие как Амударья и Сырдарья, а также плотную сеть оросительных каналов — строительство надёжных мостовых переходов приобретает особое стратегическое значение. Президент Шавкат Мирзиёев неоднократно подчёркивал, что «без дорог нет экономики», а в рамках государственной программы поставлена задача реконструировать и отремонтировать порядка 4700 мостов по всей республике [1, 2].

Особую сложность представляет возведение мостов через реку Амударья в Хорезмской области. Данный регион характеризуется специфическими природными условиями: высокий уровень грунтовых вод (1–5 м), значительная минерализация почв, интенсивные процессы вторичного засоления, а также сезонные колебания водного режима реки. В этих условиях требования к точности и надёжности топографо-геодезических работ многократно возрастают, поскольку любые ошибки в определении координат и высот опорных пунктов могут привести к деформациям конструкций, нарушению проектного положения пролётных строений и, как следствие, снижению эксплуатационной безопасности сооружения [3].

Цель и задачи исследования. Центральной задачей данной работы является разработка проекта топографо-геодезических мероприятий для

строительства моста через реку Амударья в Ханкинском районе Хорезмской области.

Для достижения поставленной цели были решены следующие последовательные задачи:

1. Проведён детальный анализ исходных данных, включая топографические карты местности, результаты предыдущих геодезических изысканий и сведения о государственной геодезической сети на территории района.

2. Разработана схема опорной геодезической сети, служащей основой для всех последующих строительных измерений.

3. Определены оптимальные методы и инструментарий для проведения геодезических наблюдений с учётом местных физико-географических условий.

4. Спланированы полевые работы и установлены критерии контроля точности получаемых измерений.

5. Выполнено уравнивание запроектированной сети в программном комплексе Credo DAT с оценкой ожидаемой точности.

6. Обоснован комплекс мероприятий по обеспечению надёжности и безопасности строительного процесса, включая экономические расчёты и политику в сфере охраны труда.

Теоретическая и практическая значимость. Научная новизна работы заключается в комплексном подходе к проектированию геодезического обеспечения мостового перехода в специфических условиях дельты Амударьи, где традиционные методы измерений требуют адаптации. Практическая значимость состоит в возможности тиражирования разработанных решений для аналогичных объектов транспортного строительства не только в Хорезмской области, но и в других регионах Узбекистана.

Материалы и методы. Методологической основой исследования послужили законодательные и нормативные акты Республики Узбекистан, регламентирующие геодезическую деятельность и транспортное строительство. Ключевыми документами являются:

1. Закон Республики Узбекистан «О геодезической и картографической деятельности» № ЗРУ-626 от 7 сентября 2020 года [4];
2. Градостроительный кодекс Республики Узбекистан № ЗРУ-684 от 22 февраля 2021 года;
3. Указ Президента № ПП-330 от 10 октября 2023 года о совершенствовании управления дорожной инфраструктурой [2];
4. Постановление Кабинета Министров № 391 от 16 августа 2016 года об утверждении государственных систем отсчёта высот и координат;
5. Постановление Кабинета Министров № 102 от 24 февраля 2017 года о применении глобальной системы геодезических координат WGS-84.

Непосредственно для проектирования геодезических работ использованы следующие строительные нормы (ШНК):

1. ШНК 1.02.07-19 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» [5];
2. ШНК 2.05.03-12 «Мосты и трубы» [6];
3. Методические указания по нивелированию I–IV классов [7].

Характеристика района работ. Ханкинский район расположен в южной части Хорезмской области и представляет собой административное образование, граничащее с Богатырским и Янгибозарским районами. Местность в основном является плоским наносом Амударьинской дельты, находящимся на высоте 100–130 метров над уровнем моря. Уклон поверхности составляет от 0,0001 до 0,0003, что крайне незначительно.



Рис. 2. Космический снимок (SAS.Planet) участка р. Амударья в Ханкинском районе Хорезмской области — территория проектируемого мостового перехода.

Методы и оборудование. Для плановой основы использованы GNSS-наблюдения в статическом режиме (погрешность $\pm 5 \text{ мм} + 0,5 \text{ ppm}$) и RTK-съёмка ($\pm 8 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$). Для высотной основы — геометрическое нивелирование I–II классов цифровым нивелиром. Для реализации проекта выбрано следующее высокоточное оборудование:

GNSS-приёмник Leica GS18:

- поддержка GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou;
- точность RTK: план $\pm 8 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$, высота $\pm 15 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$;
- технология RTK Plus для устойчивого приёма у воды [8].

Цифровой нивелир Leica DNA03:

- СКП на 1 км двойного хода $\pm 0,3 \text{ мм}$;
- автоматическое считывание штрих-кода;
- исключение субъективных ошибок [9].

Результаты исследования. Проектирование опорной геодезической сети выполнено с использованием программного модуля Credo DAT (версия 3.0). Данный программный комплекс предназначен для

автоматизации процессов создания и уравнивания геодезических сетей. Он позволяет моделировать геометрическую конфигурацию сети, задавать параметры точности используемых приборов, выполнять предрасчёт ожидаемых ошибок и производить уравнивание измерений по методу наименьших квадратов. Использование Credo DAT на этапе проектирования даёт возможность выявить потенциальные проблемы конфигурации сети ещё до выезда на объект, что существенно экономит время и ресурсы.

В процессе проектирования была смоделирована планово-высотная опорная сеть, состоящая из пунктов, закреплённых на обоих берегах реки Амударья.

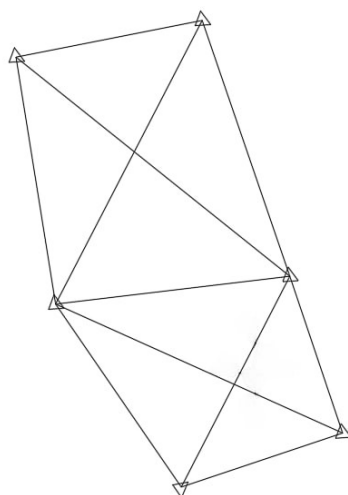


Рис. 3. Схема запроектированного триангуляционного хода

Схема расположения пунктов обеспечивает равномерное покрытие территории строительства и взаимную видимость между смежными пунктами. Удаление пунктов от береговой линии составляет не менее 50 м, что позволяет исключить влияние сезонных деформаций грунта, связанных с колебаниями уровня воды в реке и подъёмом грунтовых вод.

Пример ведомости предобработки угловых измерений в CREDO (фрагмент) таблица 1:

Таблица 1

Ведомость предобработки угловых измерений в CREDO

Станция	Направление	Горизонтальное положение	Класс точности
1	0°00'00,00"	-	теод.ход,мкр,трн
1	49°44'38,00"	-	теод.ход,мкр,трн
1	92°00'36,00"	-	теод.ход,мкр,трн
2	0°00'00,00"	-	теод.ход,мкр,трн
2	51°29'14,00"	-	теод.ход,мкр,трн
2	97°49'00,00"	-	теод.ход,мкр,трн

Примечание: полная ведомость предобработки приведена в исходных данных.

Таблица 2.

Результаты предварительного расчёта точности в Credo DAT

Параметры точности	Ожидаемое значение	Допуск по ШНК 1.02.07-19
СКП планового положения пункта	$\pm 6,2 \text{ мм}$	$\pm 10 \text{ мм}$
СКП высотного положения пункта	$\pm 1,8 \text{ мм}$	$\pm 3 \text{ мм}$
Невязка в полигонометрическом ходе	1:12000	1:10000
Невязка нивелирования хода II класса	$\pm 2,1 \text{ мм} \sqrt{L}$	$\pm 4 \text{ мм} \sqrt{L}$

Уравнивание выполнено по методу наименьших квадратов. Все невязки уложились в установленные допуски, что подтверждает корректность запроектированной конфигурации сети.

Обоснование выбора геодезических приборов

GNSS-приёмник Leica GS18:

- поддержка GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou;
- точность RTK: план $\pm 8 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$, высота $\pm 15 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$;
- технология RTK Plus для устойчивого приёма у воды [8].

Цифровой нивелир Leica DNA03:

- СКП на 1 км двойного хода $\pm 0,3 \text{ мм}$;
- автоматическое считывание штрих-кода;
- исключение субъективных ошибок [9].

Оценка точности геодезической сети

Оценка точности запроектированной сети выполнялась двух групповым строгим способом. В результате выполненных расчётов получены следующие значения:

- средняя квадратическая погрешность (СКП) планового положения пунктов сети составила $\pm 4,2$ мм (допуск ± 10 мм);
- СКП высотного положения пунктов составила $\pm 1,2$ мм (допуск ± 3 мм);
- относительная невязка полигонометрического хода получена равной 1 : 14 500 (допуск 1 : 10 000);
- невязка нивелирования II класса составила $\pm 2,1$ мм $\sqrt{L}$ (допуск ± 4 мм $\sqrt{L}$).

Полученные результаты подтверждают, что запроектированная геодезическая сеть обеспечивает требуемую точность для строительства мостового перехода и соответствует нормативным требованиям ШНК 1.02.07-19.

Заключение. В результате выполнения работы разработан проект топографо-геодезического обеспечения строительства моста через реку Амударья в Ханкинском районе Хорезмской области.

Проведён анализ физико-географических и климатических условий района. Установлено, что на организацию геодезических работ существенное влияние оказывают высокий уровень грунтовых вод, минерализация почв, сезонные колебания уровня воды и пыльные бури. Данные особенности учтены при проектировании геодезической сети и выборе конструкций пунктов.

Запроектирована опорная планово-высотная геодезическая сеть, обеспечивающая необходимую точность и надёжность измерений. Выполнены моделирование и уравнивание сети в программном комплексе Credo DAT, что подтвердило правильность принятых проектных решений.

Для выполнения работ выбраны высокоточные приборы: GNSS-приёмник Leica GS18 и цифровой нивелир Leica DNA03. Их технические характеристики соответствуют требованиям строительства ответственных инженерных сооружений.

Оценка точности показала соответствие запроектированной сети требованиям ШНК 1.02.07-19, что подтверждает возможность практической реализации проекта.

Разработанные решения могут быть использованы при проектировании аналогичных мостовых переходов в регионах Узбекистана со сходными природно-климатическими условиями.

Список литературы

1. Выступление Президента Республики Узбекистан Ш.М. Мирзиёева на совещании по вопросам развития дорожного хозяйства. – Ташкент, 2024.
2. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по совершенствованию системы управления дорожной инфраструктурой» № ПП-330 от 10.10.2023 г.
3. Усманов М.Б., Каримов А.А. Особенности инженерно-геодезических изысканий при строительстве мостов в условиях дельты Амударьи // Транспортное строительство Узбекистана. – 2024. – № 2. – С. 34-41.
4. Закон Республики Узбекистан «О геодезической и картографической деятельности» № ЗРУ-626 от 07.09.2020 г.
5. ШНК 1.02.07-19. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – Ташкент: Госкомархитектстрой, 2019. – 87 с.
6. ШНК 2.05.03-12. Мосты и трубы. – Ташкент, 2012. – 112 с.
7. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1990. – 168 с.

8. Leica Geosystems AG. Leica GS18 Technical Data Sheet. – Heerbrugg, Switzerland, 2020. – 12 p.
9. Leica Geosystems AG. Leica DNA03 Digital Level User Manual. – Heerbrugg, Switzerland, 2019. – 84 p.
10. Ключин Е.Б., Киселёв М.И., Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия. – М.: Академия, 2021. – 480 с.
11. Постановление Президента Республики Узбекистан № 241 от 1 июля 2024 года «О мерах по совершенствованию действующих механизмов обеспечения содержания в надлежащем состоянии дорог и дорожной инфраструктуры».
12. Градостроительный кодекс Республики Узбекистан № ЗРУ-684 от 22 февраля 2021 года.