

Э. Р. Мирмахмудов^{1}, Г. М. Тлеумуратова¹, А. Р. Адамбаев²*

О совершенствовании координатной основы уровенных постов низовья реки Амударья по ГНСС-измерениям

¹Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент, Узбекистан

²Ургенчский государственный университет, г. Ургенч, Узбекистан

* e-mail: erkin_mir@mail.ru

Аннотация. В статье описывается методика определения координат пунктов уровенных постов классическими и спутниковыми методами. Отмечается необходимость уточнения планово-высотного обоснования гидрологических станций низовья реки Амударья Республики Узбекистан. Координатная привязка реперов уровенных постов к пунктам геодезической сети методами нивелирования приводится в данной работе. Произведены навигационные измерения на 4 постах прибрежной зоны с помощью GNSS приемника. Выполнен графо - аналитический анализ изменения геометрического фактора DOP. По результатам измерений вычислены прямоугольные координаты и значения высот относительно общеземного эллипсоида. В будущем предлагается построить ГНСС-сеть прибрежной зоны с привязкой к национальной геодезической системе координат Узбекистана.

Ключевые слова: гидропост, координаты, ГНСС, DOP, СК42, WGS84

E. Mirmakhmudov^{1}, G. Tleumuratova¹, A. Adambaev²*

On improving the coordinate basis of level posts of the lower reaches of the Amudarya River using GNSS-measurements

¹National University of Uzbekistan

²Urgench State University, Urgench, Uzbekistan

Abstract. The article describes the methodology for determining the coordinates of level posts using classical and satellite methods. The need to improve the rectangular and altitude coordinates of hydrological stations in the lower reaches of the Amudarya river is noted. Reducing the benchmarks of level posts to points of the geodetic network using leveling methods is given in this work. Navigation measurements were made at 4 posts of the coastal zone using GNSS and a graphical and analytical analysis of changes in the geometric factor DOP was performed. Based on the measurement results, rectangular coordinates and height values relative to the global ellipsoid were calculated. In the future, it is proposed to build a GNSS network of the coastal zone with reference to the national geodetic coordinate system.

Keywords: post, coordinates, DOP, GNSS, SK42, WGS84

Введение

В последнее время к уровню основных рек Республики Узбекистан уделяется особое внимание со стороны государственных и коммерческих организаций, а также населенных пунктов, расположенных вблизи прибрежной зоны. Это

связано с изменением водного баланса и расширением сети ирригационных каналов, насосных станций, коллекторов. Возникает проблема контроля расхода воды по результатам метрических измерений на гидрологических станциях. На всех уровнях постах установлены регистраторы и реперы, координаты которых определены относительно пунктов геодезической сети [2,8]. Соответственно, эти координаты нуждаются в уточнении и переопределении, т.к. они были определены в системе координат СК42 и относительно Балтийской системы высот. Поскольку центры геодезических пунктов являются носителями координат для определяемых реперов, то они должны быть надежно закреплены на местности, обеспечивая их стабильность в плане и по высоте в течение длительного времени [11]. Однако, использование геодезической системы координат требует более детального анализа определяемых координат реперов уровня постов [13]. Для этой цели наиболее важным является уточнение координат реперов или центров гидрологических станций, полученных в разные годы топографо-геодезическими службами.

Методика и материалы

До 90-х годов прошлого столетия координаты реперов (рис.1) определялись линейно-угловыми измерениями с помощью теодолитов и нивелиров. К этим реперам предъявлялись особые требования по установке и точности, где необходимым условием было планово-высотная привязка к пунктам геодезической сети [7]. Привязка высот уровня постов к государственной высотной системе осуществлялось путем геометрического нивелирования (рис.2).



Рис. 1. Репер ГУГМС



Рис.2. Пункт ГГС

С 2000 года широко стали использовать GPS приемники в топографо-геодезических организациях для инженерно-изыскательских и строительных работ. Вся территория Республики Узбекистан постепенно была покрыта GPS сетью. Однако, прибрежная часть основных рек Республики Узбекистан не была покрыта спутниковой геодезической сетью. В связи с этим, встает вопрос о возможности использования ГНСС для гидрологических станций.

В качестве тестирования были выбраны 4 уровня поста, расположенных в низовье реки Амударья (рис.3). Систематическая регистрация уровня поверхности воды осуществляется с помощью самописца и свайной рейки. Исходная

высота рейки должна определяться геодезическим методом относительно рабочего и контрольного реперов. Поскольку на этих пунктах не производились ГНСС измерения, то первой задачей было испытать навигационный GNSS приемник на наличие приема сигналов со спутников, оценить влияние DOP (рис.4) и определить предварительные координаты реперов [5,6]. Для решения поставленной задачи были произведены навигационные измерения с GNSS приемником Trimble R4.

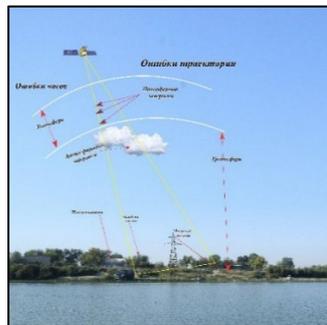
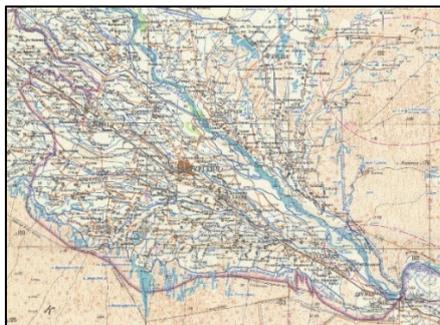


Рис. 3. Фрагмент низовья реки Амударья Рис. 4. Траектория GNSS сигнала

В период ГНСС измерений базовая GNSS станция находилась на пункте ГГС, а ровер устанавливался на реперах уровневых постов. Измерения выполнялись в режиме реального времени (РТК) с длительностью в несколько минут. Геометрический показатель точности DOP варьировался от 0.9 до 3.0, что является естественным результатом для пунктов, расположенных рядом с техническими сооружениями, т.к. они оказывают влияние на траекторию движения сигнала.

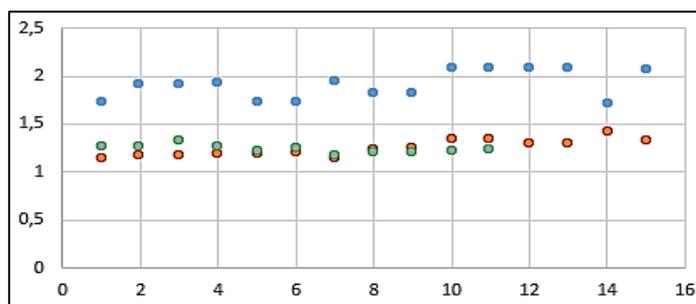


Рис.5. Изменение значения PDOP для трех уровневых постов

Основным средством регистрации уровня воды является рейка с сантиметровой шкалой, которая жестко установлена на берегу реки. С течением времени и в результате осадки, просадки и влияние боковой силы потока воды, основные и рабочие репера испытывают деформацию [3].

Результаты

По результатам ГНСС измерений вычислены прямоугольные координаты пунктов ГГС и реперов уровенных постов в поперечно-цилиндрической проекции. Также были определены эллипсоидальные координаты с помощью программного обеспечения ТВС, где в качестве системы относимости были использованы референц-эллипсоид Красовского, общеземной эллипсоид WGS84 и средний уровень моря MSL [1]. Для каждой станции выполнено 15-20 сеансов измерений и вычислений. На основе метода наименьших квадратов были вычислены средние значения из всей совокупности массива дискретных точек (таб.1). Произведена оценка точности результатов измерения, т.е. получены средние квадратические погрешности среднего значения координат реперов. Поскольку измерения выполнены одним и тем же инструментом при одинаковых условиях, то вес каждого измерения был принят равным 1.0. В качестве доказательства принятого предположения ниже приведены результаты дисперсии прямоугольных координат и высот уровенного поста «Саманбай» для 15 дискретных точек (рис.6).

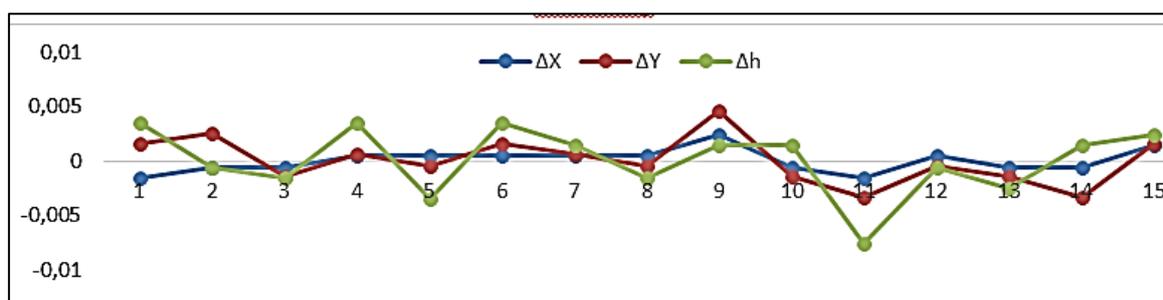


Рис. 6. Дисперсия значений координат по ГНСС измерениям

Таблица 1

Координаты гидрологических постов

посты	X (m)	Y(m)	L	B	H _{wgs84(m)}
Саманбай	4709192.354	707166.112	59 31 06.45	42 29 21.94	47.08
Кизкетен	4796075.870	715363.777	59 36 48.25	42 22 11.13	52.10
Ниятбай	4693830.324	719605.309	59 39 50.57	42 20 53.74	49.427
Туямуян	4615397.070	300915.210	61 20 04.49	41 13 18.75	64.76

Обсуждение

В настоящее время имеющая точность координат реперов не отвечает современным требованиям и нуждается в модернизации с привлечением высокоточных цифровых приборов [12,14]. Единственным выходом из этой ситуации является разработка методики повышения точности координат реперов и приведение их к единой системе координат и международной геодезической сети (IGS) [9,10]. Эта сеть должна включать в себя мероприятия по созданию системы по-

стоянно действующих спутниковых навигационных наблюдений за динамикой уровня реки и прогноза ее состояния, которая позволит решать прикладные задачи в области проектирования и строительства различных сооружений.

Приведенные координаты можно считать предварительными из-за короткого интервала времени. Точные координаты реперов можно получить на длительном интервале времени при различных режимах приема сигналов. Такие измерения и вычисления координат должны быть выполнены для всех основных рек с привязкой этих постов к будущей национальной системе координат Узбекистана.

Для организации постоянного мониторинга уровня рек с помощью GNSS систему геодезического обеспечения предлагается начать с рекогносцировки, расчета точности координат, полевой и постобработки спутниковых наблюдений. После проведения вышеперечисленных работ можно начать процедуру уравнивания геодезической сети прибрежной зоны. Продолжительность непрерывных наблюдений должно быть выполнено с GPS приемником, который позволит осуществить высокоточную привязку реперов к удаленным пунктам спутниковой геодезической сети Узбекистана [15]. Пункты ГГС с известными координатами следует использовать в качестве контрольных точек при окончательном уравнивании. Целесообразно произвести повторные ГНСС измерения для исключения грубых измерений и определения систематических ошибок на основе нормального закона распределения Гаусса. Реализацию предложенных рекомендаций невозможно без привлечения данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий [4].

Заключение

На основе вышеописанного можно сделать вывод, что результаты ГНСС измерений и уточненные координаты реперов представляют начальный этап совершенствования координатной основы уровенных постов Узбекистана. Использование новых методов приведет к снижению финансовых расходов и получению точных данных, что представляет практическую значимость и актуальность. Таким образом, использование GNSS приемников позволит повысить точность плано-высотной основы гидрологических станций минимум на 1-2 порядка по сравнению с классическими данными.

Внедрение современных электронно-оптических и глобальных спутниковых навигационных систем позволит более точно вычислить метрические характеристики уровня реки и, тем самым, выявить места, где происходит минимальный и максимальный расход воды. Горизонтальное смещение приводит к изменению площади водной поверхности и границы прибрежной зоны. В будущем необходимо произвести полную автоматизацию всего процесса измерений и вычислений, привлекая современные цифровые технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. М: Картгеоцентр, 2005, т.1.- 341с.

2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV кл. Москва: Недра.1974. -158 с.
3. Кадыров А.Г., Ражабова Д.Р. Геометрическая интерпретация крена водомерной рейки уровня поста “Чиназ” (Узбекистан) / Материалы XIII научно-практической конференции: Наука и образование в современном мире. Вызовы 21века. Науки о Земле. Астана.2023. С.7-10.
4. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. – М.: Изд-во КДУ, 2008. – 424с.
5. Мирмахмудов Э.Р., Тлеумуратова Г.М., Ниязов В.Р. Рекогносцировка и ГНСС измерения на уровнях поста низовья реки Амударья // Научно-технический журнал. Проблемы архитектуры и строительства. Самарканд. 2022, №2. С.137-141.
6. Мирмахмудов Э.Р., Тошонов Б.Ш., Тлеумуратова Г.М., Тастемирова М.Г. Анализ точности наклона водомерной рейки гидрологического поста “Чиназ” //Центрально-Азиатский журнал географических исследований г. Чирчик (Узбекистан). 2023, № 3-4. С.133- 141.
7. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Ленинград: Гидрометеиздат.1984. Вып. 9, ч. 1. 313 с.
8. Основные положения о построении государственной геодезической сети СССР. Москва: Геодезиздат,1961. 29 с.
9. Остроумов В.З., Шануров Г.А., Масленников А.В. Повышение точности определения высот уровнях постов // Геодезия и картография. 2003. № 11. С. 25-29.
10. Руководящий технический материал. Высотная привязка уровнях постов (ГКИНП 03 215 88). Москва: ЦНИИГАиК, 1988. С. 41.
11. Успенский М.С. Условия устойчивости геодезических центров и реперов. Москва: Геодезиздат, 1955. - 94 с.
12. Шануров Г.А., Епишин В.И., Остроумов В.З. Определение высот уровнях постов спутниковым методом // Геопрофи, 2004. № 4. С. 11-17.
13. Щукина О.Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование Земли. Ташкент: «Университет». 2022. - 214 с.
14. Mirmakhmudov E., Adenbaev B., Rakhmonov D., Nazirova D. GNSS network of level posts /Science and Education in the modern world: Challenges of the XXI c., Nur-Sultan, 2019. Pp. 47-50.
15. Mirmakhmudov E., Niyazov V., Tleumuratova G., Toshonov B. GNSS in Uzbekistan for hydrology // COORDINATES. 2021. Vol. XVII, № 6. Pp. 12-15.

© Э. Р. Мирмахмудов, Г. М. Тлеумуратова, А. Р. Адамбаев, 2024