

УДК 528.4

Тлеумуратова Г.М.

Докторант кафедры геодезии и геоинформатики

Национальный университет Узбекистана

Нуратдинов А.У.

докторант кафедры картографии

Национальный университет Узбекистана

О НЕОБХОДИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАКЛОНА УРОВЕННОЙ РЕЙКИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПОСТА “ЧИНАЗ”

Аннотация. В статье описывается методика определения крена водомерной рейки гидрологического поста “Чиназ”. Излагается способ оценки точности определяемых величин и функции на основе теории математической обработки геодезических измерений для уровенных постов. Приведены расчетные формулы для вычисления величины смещения рейки. Выполнены геодезические измерения с помощью оптико-электронного тахеометра Trimble M3DR5. Произведен анализ точности наклона водомерной рейки, а также вычислены средние квадратические ошибки единицы веса измеренного смещения. По результатам измерений и вычислений были определены поправки к оси рейки относительно отвесной линии. Доказана, что точность измерений находится в пределах допустимого, что говорит о корректности данных. Отмечается, что точное определение крена позволит более корректно вычислить объем запаса воды.

Ключевые слова: водомерная рейка, крен, точность, геодезические измерения, уровенный пост.

Tleumuratova G.M.

Doctoral Candidate at the Department of Geodesy and Geoinformatics

National University of Uzbekistan

Nuratdinov A.U.

Doctoral Candidate at the Department of Cartography

National University of Uzbekistan

THE NECESSITY OF DETERMINING THE INCLINATION OF THE LEVEL GAUGE OF THE CHINAZ HYDROLOGICAL STATION

Abstract. The method for determining the roll of a water gauge at the Chinaz hydrological station is given in this paper. A method for assessing the accuracy of the determined quantities and functions based on the theory of mathematical processing of geodetic measurements is given here. Formulas for calculating the displacement value of a water gauge are shown. Geodetic measurements were carried out using a Trimble M3DR5 optical-electronic total station. An analysis of the accuracy of the inclination of the water-measuring staff of the level post was carried. The root mean square errors of the unit weight of the displacement of the axis of the water rod are calculated based on the measurement results. Based on the results of measurements and calculations, corrections for the deviation of the rod axis relative to the plumb line were determined. It has been proven that the measurement accuracy is within acceptable limits, which indicates the correctness of the data. It is noted that an accurate determination of the roll will make it possible to more correctly calculate the volume of water reserves

Key words: *water gauge, roll, accuracy, geodetic measurements, level post.*

Введение. Определение высот реперов государственной геодезической сети и уровенного поста “Чиназ” производилось в конце прошлого века методами полигонометрии и нивелирования 4 класса [3,6]. Эти данные зафиксированы в журналах и отчетах управления гидрометеорологической службы. С течением времени плановые и высотные координаты этих пунктов должны быть повторно переизмерены и вычислены. Однако, эти измерения не были выполнены из-за реформирования организации и ограниченности финансирования. Только в 2019 году начали производить некоторые геодезические измерения

кафедрой геодезии и геоинформатики для научно-исследовательских целей. Результаты измерений и вычислений были опубликованы в периодических журналах, на международных конференциях и научных семинарах по водным проблемам [9]. Тем не менее, задача уточнения координат реперов и водомерных реек остается до конца не решенной.

Традиционно высотную привязку реперов уровенных постов к государственной нивелирной сети осуществляется методом геометрического или тригонометрического нивелирования. Для этого используют оптико-электронные нивелиры и тахеометры. Но, самым быстрым и оперативным способом является тригонометрическое нивелирование (рис.2), в которой высота вычисляется по формуле [2]. При использовании этого метода появляются некоторые погрешности в тригонометрических функциях и ошибки определения угла с помощью вертикального круга. В действительности, точным методом является геометрическое нивелирование. Естественно, стабильностью пунктов и реперов является сохранение точности всех измерений. С течением времени должна быть уточнена геодезическая основа гидрологических станций. Одним из основных звеньев улучшения является повышение точности координат реперов и свайных реек, закрепленных в прибрежной зоне. Измерение высоты уровня реки определяется на гидрологических станциях и уровенных постах с использованием водомерной рейки и регистратора [5]. По этим результатам можно определить метрические характеристики водной поверхности и вычислить объем воды на определенном интервале времени. Основным средством измерения уровня воды является водомерная рейка с сантиметровой шкалой, которая жестко установлена на берегу реки. Должны быть соблюдены основные требования к оси и нулю рейки. Незначительное смещение нуля пункта этой рейки по вертикали приводит к неточности регистрации уровня воды. С течением времени и в результате осадки, просадки и влияние боковой силы потока воды, водомерные рейки испытывают деформацию

относительно вертикально оси [4,8]. Смещение рейки по вертикали приводит к определенному крену, которая может быть определена различными способами: визирования (с применением теодолитов); координирования; измерением углов или направлений. Однако, прежде чем производить геодезические измерения, необходимо выполнить предварительную оценку точности изменения крена и смещения нуля свайной рейки на основе статистического анализа.

Целью работы является определение смещения оси свайной рейки гидрологического поста “Чиназ” и оценка точности величины этого смещения методами математической статистики и дисперсионного анализа [1]. При этом возникает задача линейно-угловых измерений с помощью геодезических приборов, а также лазерных дальномеров.

Измерения и вычисления. На основе вышеизложенных теоретических интерпретаций был произведен расчет средней квадратической ошибки функций для деформации свайной рейки. Для этой цели произведено измерение длины отвесной линии от верней части свайной рейки до уровенной поверхности воды на территории гидрологической станции с электронно-оптическим тахеометром Trimble M3DR5 и лазерным дальномером. Трудность измерения заключается в том, что отметка нуля водомерной рейки была ниже верхнего уровня реки Сырдарья. Тем не менее, произведен расчет смещения оси рейки относительно вертикали, которая направлена по результирующей ускорения силы тяжести. Одновременно выполнено измерение расстояния между основным, рабочим и водомерной точками. При измерении использовался лазерный отражатель, геодезическая рулетка и нитяной отвес, с помощью которых были произведены измерения.

После несложных преобразований получена предварительная средняя квадратическая ошибка единицы веса для отклонения угла и линейного смещения.

$$m_{\Delta}^2 = (\cos \beta)^2 m_{\beta}^2 S^2 + m_S^2 (\sin \beta)^2 \quad (1)$$

$$m_{\beta}^2 = \frac{m_{\Delta}^2 - m_S^2 (\sin \beta)^2}{(\cos \beta)^2 S^2} \quad (2)$$

В результате полученная точность углового смещения составила $\pm 0.26''$, а для длины свайной рейки ± 0.2 см. Поскольку смещение незначительное, то средняя квадратическая ошибка смещения составила 0.01 см.

Используя линейно-угловые измерения отклонения свайной рейки с помощью электронного-оптического тахеометра можно получить экспериментальную точность по всей совокупности тестовых измерений. При этом, была допущено условие, что измерения выполнены с одинаковой точностью и одним прибором. По методу наименьших квадратов было вычислено математическое ожидание из всей совокупности измерений.

Используя разности между измеренными значениями отклонения угла оси свайной рейки и значением математического ожидания, можно построить график дисперсии по всему массиву данных. Такой же график можно построить и для линейного смещения вертикальной оси рейки. При этом возникает вопрос о количестве измерений для оценки надежности и достоверности полученных величин. Экспериментально доказано, что количество измерений должно быть минимум 20. Если же количество измерений больше 50, то применяется формула Гаусса для вычисления средней квадратической ошибки. Также производится расчет средней квадратической ошибки среднего значения или математического ожидания. Многие ошибочно считают, что это является критерием точности каждого измерения. Применение же закона больших чисел к массиву данных не всегда приводит к улучшению точности вычисления. Это зависит от исходных данных и инструментальной точности, которая определяется лабораторным путем или в метрологическом полигоне.

Следует отметить, что измерения выполнялись при одном положении электронно-оптического тахеометра Trimble M3DR5. Конечно же здесь присутствует коллимационная ошибка инструмента, которая не влияет на точность измерений и ее можно считать постоянной. Также измерение производилось с помощью рулетки и линейки для проверки надежности вычислений, а также доказательства о существовании крена водомерной рейки, хотя невооруженным глазом видно, что имеется явное отклонение рейки от вертикальной оси. Экспериментальные расчеты помогут произвести аналогичные измерения для других гидрологических постов, которые расположены вдоль прибрежной зоны.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что оценка точности определяемых величин и функции на основе теории математической обработки геодезических измерений является необходимой процедурой при выполнении многократных геодезических измерений. Это позволяет установить предельные значения отклонения измеренных величин от среднего арифметического и тем самым выявить грубые ошибки в процессе измерений, которые влияют на окончательный результат вычисленных величин. Если эти величины малы, то становится очевидным, что необходимо со всей тщательностью производить измерения и вычисления. Потому что это влияет на водный баланс прибрежной зоны. Следовательно, незначительное изменение вертикальной оси свайной рейки влияет на точность измерения уровня водной поверхности.

Использование современных электронно-оптических и глобальных спутниковых навигационных систем позволяют более точно вычислить метрические характеристики реки и, тем самым, выявить места, где происходит минимальный и максимальный расход воды. Особенно, это важно при постройке каналов и дренажных систем в прибрежной зоне [7]. Горизонтальное смещение приводит к изменению площади водной поверхности и границы прибрежной зоны. В будущем, необходимо

произвести полную автоматизацию всего процесса измерений и вычислений, используя современные цифровые технологии и геоинформационные системы. Постоянный мониторинг турбулентности верхней части реки с помощью комплекса технических средств дает основание к точному исследованию морфометрических и гидрологических характеристик, а также изучения экологической обстановки в окрестности прибрежной зоны.

Использованная литература:

1. Большаков В. Д., Гайдаев П.А. Теория математической обработки геодезических измерений. – М.: Недра, 1977. – 368с.
2. Гиршберг М.А. Геодезия. – М.: Недра, 1967. - 384с.
3. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Москва: Недра. 1974. 158 с.
4. Кадыров А.Г., Ражабова Д.Р. Геометрическая интерпретация крена водомерной рейки уровенного поста “Чиназ” (Узбекистан). Материалы XIII научно-практической конференции: Наука и образование в современном мире- Вызовы 21 века. Науки о Земли. Астана.2023. С.7-10.
5. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Ленинград: Гидрометеоиздат.1984. Вып. 9, ч. 1. 313 с.
6. Основные положения о построении государственной геодезической сети СССР. Москва: Геодезиздат,1961. 29 с.
7. Остроумов В.З., Шануров Г.А., Масленников А.В. Повышение точности определения высот уровенных постов // Геодезия и картография. 2003. № 11. С. 25-29.
8. Успенский М.С. Условия устойчивости геодезических центров и реперов. Москва: Геодезиздат, 1955. - 94 с.
9. Mirmakhmudov E., Niyazov V., Tleumuratova G., Toshonov B. (2021), GNSS in Uzbekistan for hydrology, COORDINATES, vol. XVII, No. 6, pp. 12-15.