

**КОМПЛЕКС ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБМЕРНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ПОДЗЕМНЫХ
СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ГЭС**

Д.И. ТУРОВ, Д.А. ГУРА, Г.Г. ШЕВЧЕНКО, Т.А. ГУРА

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: dmitry.turov.20@gmail.com, gda-kuban@mail.ru*

Приведены особенности и методика выполнения геодезических работ для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС. Подробно описаны основные этапы выполнения данного комплекса работ: подготовительный, полевой, камеральный. Приводится описание основных геодезических характеристик объекта работ. Указаны сведения о геодезическом оборудовании, используемом на объекте работ, а также фактические и предельно допустимые погрешности при осуществлении комплекса геодезических работ. Приведены результирующие показатели выполнения геодезических работ на объекте: общая протяженность теодолитных ходов, количество закрепленных точек теодолитных ходов, количество визирных целей тахеометрической съемки (марок наземного лазерного сканирования). Описаны специфические проблемы выполнения указанного комплекса работ и основные варианты их решения.

Ключевые слова: комплекс геодезических работ, подземные сооружения, ГЭС, геодезическая сеть, теодолитный ход, тахеометр, CREDO.

Осуществление данного комплекса работ происходило в несколько этапов.

В ходе подготовительного этапа работ произведен сбор и анализ данных по выполненным ранее топографо-геодезическим работам на территории района работ. Район изысканий обеспечен пунктами опорной планово-высотной геодезической сети ГЭС. Плановая сеть представляет собой гидротехническую триангуляцию IV разряда и спецтриангуляцию 1 разряда закрепленных в натуре трубчатыми знаками-столиками высотой 1.3м, обеспечивающими принудительное центрирование геодезических приборов. Как известно, существует 4 разряда гидротриангуляционных геодезических сетей. Для первого разряда основные характеристики (длины сторон, средняя квадратическая ошибка угла, относительная средняя квадратическая ошибка стороны) устанавливаются путем проведения специальных расчетов, для 2, 3 и

4 разрядов требования точности и длин сторон уменьшаются по принципу от глобальной сети – более точной, к частной – менее точной [1, 2].

Координаты пунктов опорной планово-высотной геодезической сети ГЭС в местной системе координат гидроузла и Балтийской системе высот.

Балтийская система высот – система нормальных высот, отсчёт которых ведётся от нуля Кронштадтского футштока [1, 2].

Комплект оборудования, использовавшийся в работе, прошел аттестацию и поверку и был признан годным к эксплуатации.

Следующим этапом является этап полевых работ.

На данном этапе производилась рекогносцировка местности.

Рекогносцировка – предварительный осмотр и обследование местности с целью выбора наиболее рационального и продуктивного решения целей и задач производимых работ, с учетом особенностей рельефа и ситуации [1, 2].

Рекогносцировке подлежала вся территория участка работ входе которой, производилось:

- выявлялось наличие пунктов ОГС ГЭС;
- намечались маршруты проложения ходов планово-высотного съёмочного геодезического обоснования.

Для установления сохранности геодезических знаков и возможности использования их при производстве работ, было выполнено обследование пунктов ОГС ГЭС. Поиск пунктов на местности осуществлялся с помощью карт, описаний их местоположений, ручного навигатора GPS-IIPLUS. Для выполнения топографо-геодезических работ на объекте создано планово-высотное съёмочное геодезическое обоснование. Плановое положение точек планово-высотной съёмочной геодезической сети определялось проложением теодолитных ходов от пунктов ОГС ГЭС обследованных на данном объекте. Общий вид пункта ОГС ГЭС изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид пункта ОГС ГЭС

Измерение углов и линий в теодолитных ходах производилось электронным тахеометром SET 530RK3-L. Измерение вертикальных и горизонтальных углов производилось двумя полными приемами со средней квадратической погрешностью $\pm 4.7''$, измерение линий произведено встроенным в тахеометр светодальномером с точностью $\pm (3.0 \text{ мм} + 2 \times 10^{-6} \times D)$ мм (где D – длина измеренной линии в км). Высотное положение точек планово-высотной съемочной геодезической сети определено из тригонометрического нивелирования с использованием электронного тахеометра [3, 4, 5]. При этом соблюдались следующие требования:

- измерения выполнялись в прямом и обратном направлениях, при двух положениях вертикального круга;
- предельное расстояние между тахеометром и отражателем – не более 300 метров;
- высота прибора над геодезическим центром измерялась с точностью 2мм;
- расхождения между превышениями, измеренными в прямом и обратном направлениях, не превышали величин, вычисленных по формуле $f_{\text{доп.}} = 50\sqrt{2L}$, где L – длина стороны в километрах [6, 7].

Точки планово-высотной съемочной геодезической сети закреплены на местности временными знаками (дюбель). Общий вид точки планово-высотной съемочной геодезической сети изображен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Общий вид точки планово-высотной съемочной геодезической сети

От точек планово-высотной съемочной геодезической сети полярным методом были определены визирные цели, которые в дальнейшем служили для построения пространственной модели объекта в заданной системе координат [8, 9].

Система координат – местная гидроузла.

Система высот – Балтийская.

Так же на объекте работ осуществлялась съемка подземных коммуникаций.

На участке производства работ выполнена съемка подземных инженерных сетей, съемка выполнена методом наземного лазерного сканирования одновременно с выполнением съемки подземных сооружений ГЭС, определены технические характеристики подземных инженерных сетей [10].

Заключительным этапом данного комплекса работ является камеральная обработка выполненных измерений.

Уравнивание теодолитных ходов выполнено на персональном компьютере с использованием модуля «CREDO_DAT» программного комплекса «CREDO».

Допустимая угловая невязка определялась по формуле:

$$f_{\text{доп.}} = \pm 1' \sqrt{n},$$

где n – количество углов в теодолитном ходе.

Уравнивание ходов тригонометрического нивелирования выполнено на персональном компьютере с использованием модуля «CREDO_DAT» программного комплекса «CREDO».

Допустимая невязка определялась по формуле:

$$f_{\text{доп.}} = 50 \sqrt{L},$$

где L – длина хода в км.

В результате уравнивания получены координаты и высоты точек плано-высотной съемочной геодезической сети в системе гидроузла и Балтийской системе высот.

В общей сложности на объекте работ было проложено 9,3 км. теодолитных ходов с закреплением 213 точек теодолитных ходов, произведена тахеометрическая съемка 410 марок наземного лазерного сканирования.

Особенности выполнения данного вида работ обуславливались окружающим пространством [11]: отсутствие естественных источников света и крайне малое количество искусственных источников света, а также конфигурация помещений, являющая собой множественные червоточины, тупиковые прямые, ломанные многоуровневые ответвления шахт и штолен.

Проблема с малым количеством искусственных источников света решалась наличием у специалистов, проводящих данный вид работ, мобильных искусственных источников света: налобные, ручные фонари, прожекторы с устройствами, генерирующими электрическую энергию и т.д.

Особая конфигурация помещений вынуждала уходить от классических геодезических методик выполнения работ и прибегать к методикам маркшейдерского дела [12]. В случаях, когда построение геодезической сети традиционными методиками не представлялось возможным, производилась ориентирно-соединительная съемка способом соединительного треугольника, суть которой заключается в измерении длин сторон и углов треугольника

(включая примычный угол при отвесе). Аналогичные измерения производились на ориентируемых горизонтах.

Результатом работ является ведомость координат марок наземного лазерного сканирования, которые в дальнейшем служили для построения пространственной модели подземных сооружений ГЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бердзенишвили С.Г. Картография / С.Г. Бердзенишвили, Д.А. Гура, Ч.Н. Желтко, Э.В. Кравченко // Справочное пособие к лабораторным работам и контрольной работе для студентов всех форм обучения направления бакалавриата 120700 – «Землеустройство и кадастры». ФГБОУ ВПО «КубГТУ», ООО «Издательский Дом – Юг». Краснодар, - 2014.

2. Желтко Ч.Н. Учебная геодезическая практика / Ч.Н. Желтко, Г.Г. Шевченко, С.Г. Бердзенишвили, Д.А. Гура, Л.А. Олейникова // Справочное пособие по организации и контролю учебной практики для студентов всех форм обучения направлений: 120700 – Землеустройство и кадастры, 270800 – Строительство, 130500 – Нефтегазовое дело, 271101 – Строительство уникальных зданий сооружений. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», ООО «Издательский Дом – Юг». Краснодар, - 2014.

3. Алкачев Т.Э. История и пути развития электронных геодезических приборов / Т.Э. Алкачев, Н.А. Шишов, М.А. Пастухов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). - 2013. - № 3. - С. 37-39.

4. Желтко Ч.Н. Экспериментальные исследования погрешностей измерений горизонтальных углов электронными тахеометрами / Ч.Н. Желтко, Д.А. Гура, Г.Г. Шевченко, С.Г. Бердзенишвили // Метрология. - 2014. - № 2. - С. 17-20.

5. Желтко Ч.Н. Особенности определений смещений и осадок сооружений электронными тахеометрами / Ч.Н. Желтко, Г.Г. Шевченко, С.Г. Бердзенишвили, М.А. Пастухов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). - 2013. - № 1-2. - С. 61-65.

6. Гура Д.А. Разработка методики исследования погрешностей измерения горизонтальных углов электронными тахеометрами / Д.А. Гура // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. - 2015. - № 8. - С. 89-91.

7. Желтко Ч.Н. История проблемы исследования погрешностей измерений углоизмерительных приборов / Ч.Н. Желтко, Д.А. Гура, Г.Г. Щевченко, М.А. Пастухов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2013. - № 5. - С. 43-45.

8. Гура Д.А. Обзор инженерно-геодезических задач, решаемых с использованием современных электронных тахеометров / Д.А. Гура, Т.А. Гура // В сборнике: Науки о земле на современном этапе Материалы IV Международной научно-практической конференции. - 2012. - С. 110-113.

9. Рудик Е.А. Проведение топографической съемки с применением спутниковых систем и электронных тахеометров / Е.А. Рудик, Д.А. Гура // В сборнике: Науки о земле на современном этапе Материалы IV Международной научно-практической конференции. - 2012. - С. 118-120.

10. Грибкова И.С. Лазерное сканирование / И.С. Грибкова, Н.А. Шерстюк // В сборнике: Науки о земле на современном этапе. - 2013. - С. 53-55.

11. Проблемы, возникающие при выполнении теодолитной съёмки / К.А. Гичко, Р.А. Бгане, Г.Г. Шевченко // В сборнике: Науки о Земле на современном этапе. - 2012. - С. 106-108.

12. Абушенко С.С. Проблемы, возникающие при выполнении контрольно-исполнительной съемки / С.С. Абушенко, Э.К. Амиров, Д.А. Гура, Г.Г. Аветисян // В сборнике: Науки о земле на современном этапе Материалы IV Международной научно-практической конференции. Москва, - 2012. - С. 107-109.

REFERENCES

1. Berdzenishvili, S. G. Mapping / S. G. Berdzenishvili, D. A. Gura, CH. N. Geletko, E. V. Kravchenko // reference manual for laboratory work and tests for

students all forms of training and direction of undergraduate 120700 – "Land management and cadastres". FGBOU VPO "Kuban state University", LLC "Publishing House – South". Krasnodar, the 2014.

2. Geldo CH. N. Educational geophysical practice / CH. N. Gildo, G. G., Shevchenko S. G. Berdzenishvili, D. A. Gura, L. A. Oleynikov // Handbook on the organization and control of educational practices for students of all training directions: 120700 – Land and inventories, 270800 – Construction, Was 130500 – Oil and gas business, 271101 – Construction of unique buildings and structures. FGBOU VPO "Kuban state University", LLC "Publishing House – South". Krasnodar, the 2014.

3. Alkatsev T. E. History and the development of electronic surveying instruments / T. E. Alkatsev, N. Shishov, M. A. Pastukhov // Science. Technique. Technology (Polytechnic Bulletin). - 2013. - № 3. - P. 37-39.

4. Geldo CH. N. Experimental study of measurement error of horizontal corners of the electronic tachometers / H. N. Geletko, D. A. Gura, G. G., Shevchenko S. G. Berdzenishvili // Metrology. - 2014. - No. 2. - S. 17-20.

5. Geldo CH. N. Features definitions of displacements and sediment structures, electronic tachometers / H. N. Gildo, G. G., Shevchenko S. G. Berdzenishvili, M. A. Pastukhov // Science. Technique. Technology (Polytechnic Bulletin). - 2013. - № 1-2. - S. 61-65.

6. Góra, D. A. development of methodology for the study of errors of measurement of horizontal angles by total stations electronic / D. A. Gura // Supplement to the journal Izvestiya vuzov. Geodesy and aerial photography. Collection of articles on the results of the scientific-technical conference. - 2015. - No. 8. - Pp. 89-91.

7. Geldo CH. N. The history of the problem study of errors of measurement of angle measuring instruments / H. N. Geletko, D. A. Gura, G. G. Schevchenko, M. Pastukhov A. // news of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. - 2013. - No. 5. - P.43-45.

8. Góra, D. A. a Review of geodetic engineering problems solved using modern electronic tacheometers / D. A. Gura, Gura T. A. // journal: earth Science at the present stage: Materials of IV International scientific-practical conference. - 2012. - S. 110-113.

9. Rudyk E. A. topographic survey with the use of satellite systems and electronic tacheometers /

E. A. Rudick, D. A. Gura // In the book: earth Science at the present stage: Materials of IV International scientific-practical conference. - 2012. - Pp. 118-120.

10. Gribkova I. S. Laser scanning / I. S. Gribkova, N. Sherstyuk // In the book: earth Science at the present stage. - 2013. - P. 53-55.

11. The problems that arise when performing a traverse shot / K. A. the Gig, R. A. Bhana, G. H. Shevchenko // the book of Earth Science at the present stage. - 2012. - Pp. 106-108.

12. Abushenko, S. S. Problems arising in the implementation of control and Executive shooting / S. S. Abushenko, E. K. Amirov, D. A. Gura, G. G. Avetisyan // In the book: earth Science at the present stage: Materials of IV International scientific-practical conference. Moscow - 2012. - Pp. 107-109.

WORKS FOR COMPLEX SURVEY OF SPATIAL MEASUREMENT DRAWING UNDERGROUND STRUCTURES ON THE EXAMPLE OF WATER-POWER PLANT

D.I. TUROV, D.A. GURA, G.G. SHEVCHENKO, T.A. GURA

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya str., Krasnodar, Russian Federation, 350072,
e-mail: dmitry.turov.20@gmail.com, gda-kuban@mail.ru*

The characteristics and performance technique of surveying to produce spatial measuring drawings of underground structures on the example of HPP. Detailed description of the main stages of the implementation of a range of works: preparatory, field, cameral. A description of the main characteristics of geodetic works object. Provides information about the geodetic equipment used on-site work, and the actual and the maximum permissible error in the implementation of complex geodetic works. Presents the resulting performance indicators geodetic works on the project: the total length of theodolite moves, the number of fixed points of theodolite moves, the number of target points tacheometry (grades terrestrial laser scanning). We describe the implementation of the specific problems of this complex work and the basic options for their solutions.

Key words: complex geodetic works, underground structures, hydroelectric, geodetic network, traverse, total station, CREDO.