УДК 528.5.541:528.4.47

МОХАМЕД АББУД
Факультет освоения подземного пространства, аспирант кафедры инженерной геологии
ЖАД ЮНЕС
Факультет освоения подземного пространства, группа ПГ-98, ассистент профессора

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Разработана технологическая схема геодезического обеспечения строительства гидротехнических сооружений, предназначенных для безопасности взлетно-посадочной полосы аэродрома г.Бейрут (Ливан). Основным методом геодезических измерений принят спутниковый метод в относительном режиме. Для рассматриваемого объекта работ этот метод является многоаспектным (метод используется при съемке рельефа дна, насыпке тела дамбы и укладке строительных блоков).

При выполнении работ использована ливанская нормативно-техническая документация; плановое положение пунктов государственной геодезической сети Ливана, данное на эллипсоиде Кларка, определено в системе координат UTM. Система плоских прямоугольных координат – французская (ось x направлена на восток, ось y – на север).

Technological system geodesy eructation hydraulic guaranteeing constriction for safety of a runway an aerodrome of city Beirut (Lebanon). By the main method of geodesic gauging is adopted thus a satellite method in a relative mode. For considered object of jobs this method is multivariable (method is used at shooting a contour of bottom, of askew field of a dam and stacking of building units antifers.

At fulfillment of jobs the engineering specifications, scheduled rule (situation, position) of points of a state geodesic network (grid) of Lebanon are used Lebanese normatively given on ellipsoid of a Clarke is determined in coordinate system UTM. The system of flat rectangular coordinates – French (x axis is directed on east, y – axis on north).

Повышение точности исполнения проектов и увеличение производительности труда при строительстве гидротехнических сооружений могут быть обеспечены на основе использования современных геодезических технологий. Этот вопрос приобретает актуальность, в частности при строительстве волнозащитной дамбы, предназначенной для обеспечения безопасности дополнительной взлетно-посадочной полосы (ВПП) в международном аэропорту Бейрут (Ливан). Учитывая местонахождение аэропорта, решено построить ВПП, полотно которой частично попадает в шельфовую часть Средиземного моря (рис.1). Проектом* предусмотрено возведение дамбы для защиты ВПП длиной 2,45 км.

Технологическая схема геодезического обеспечения объекта работ включает ряд самостоятельных, последовательно или параллельно выполняемых процессов и операций (элементов схемы) и предусматривает использование современных технических средств и высокоэффективных методов при выполнении геодезических измерений и их обработке (рис.2). В этом плане наиболее перспективным в настоящее время представляется метод GPS-определений в относительном режиме, который применительно к рассматриваемому объекту работ является многоаспектным (метод используется при съемке рельефа дна, насыпке тела дамбы, укладке строительных блоков).

* Автор участвовал в составлении проекта строительства дамбы.

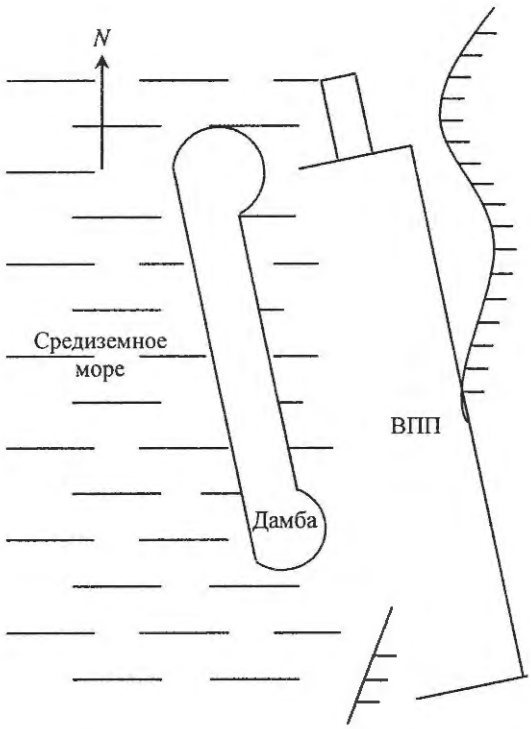


Рис.1. Схема расположения дамбы

Анализ показал, что вблизи объекта работ расположены три пункта триангуляции III класса (Jabal, Baabda, Abouhaidar) и два репера нивелирования II класса (Rp 455, Rp 734). Плановое положение пунктов государственной геодезической сети Ливана, данное на эллипсоиде Кларка, определяется в системе координат UTM с началом координат в г.Тедмор (Сирия). Система плоских прямоугольных координат – французская (ось x направлена на восток, ось y – на север). Нуль высот совмещен со средним уровнем Средиземного моря, футшток расположен в г.Санкт-Джордж (Ливан).

Создание и сгущение опорной планово-высотной геодезической сети производится методом триангуляции 4-го класса, полярных засечек и проложением хода нивелирования III класса, опирающегося на реперы нивелирования II класса. Используемые технические средства: электронный тахеометр SET2C и нивелир B1 (фирма «SOKKIA», Япония). При выполнении ра-

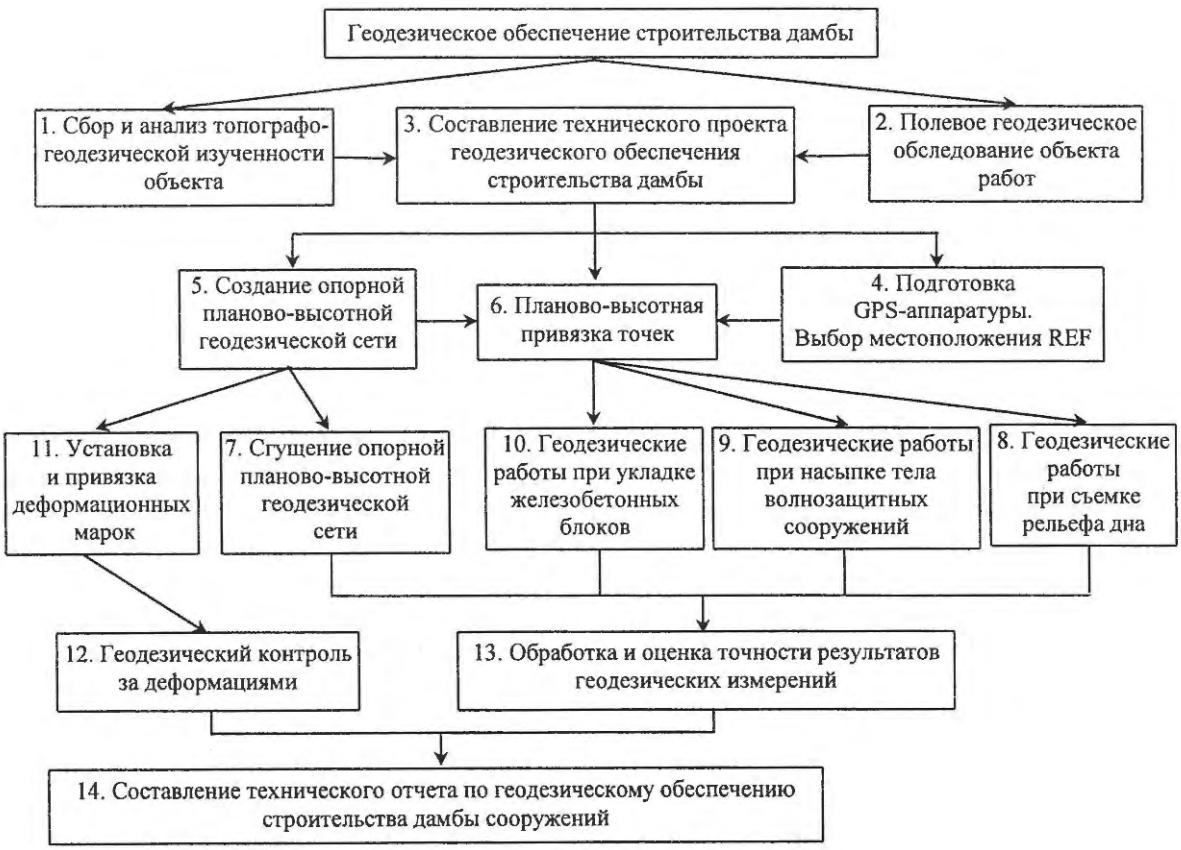


Рис.2. Блок-схема геодезического обеспечения строительства волнозащитной дамбы

бот используется Ливанская нормативно-техническая документация [1-3], которая по основным параметрам достаточно близка к российской. Планово-высотная привязка базовой GPS-станции (REF) выполняется путем построения сети триангуляции 4-го класса (вставка в твердый угол) и проложения хода нивелирования II класса.

При выполнении съемки рельефа дна местоположение промерного катера предусмотрено осуществлять с помощью GPS-метода. В качестве спутникового приемника применяется GPS-приемник 4000 SSE (фирма «Trimble», США). Съемка производится по галсам, расположенным перпендикулярно к телу проектируемой дамбы при значениях межгалсовых расстояний 1-2 см в масштабе съемки (1:500). Промерные точки предусматривается назначать через 0,25-0,5 см в масштабе съемки. Точность определения промерных точек 1 мм в масштабе съемки. Глубины измеряются эхолотом EA-500 (фирма «SIMRAD», Англия) с точностью 30 см.

Геодезические работы при насыпке тела дамбы заключаются в контроле размещения слоев отсыпаемого грунта, который выгружается из баржи, укладывается при помощи подъемного крана и трамбуется катками. Положение подъемного крана определяется посредством GPS-измерений. Для преобразования координат из системы WGS-84 в Бейрутскую систему предварительно планируется выполнить GPS-измерения на пунктах триангуляции 3-го класса и создать постоянный «трансформационный набор», т.е. заранее произвести вычисление констант преобразования. Оператор на кране, исходя из результатов измерений, легко может корректировать положение слоев грунта над проектными точками.

Геодезические работы при укладке строительных блоков заключаются в GPS-определении положения антенны, установленной на подъемном кране, что позволяет определить положение блока (рис.3). С помощью GPS-измерений контролируется также взаимное положение блоков при их укладке. Используемая GPS-аппаратура позволяет обеспечить точность определения положения блоков:

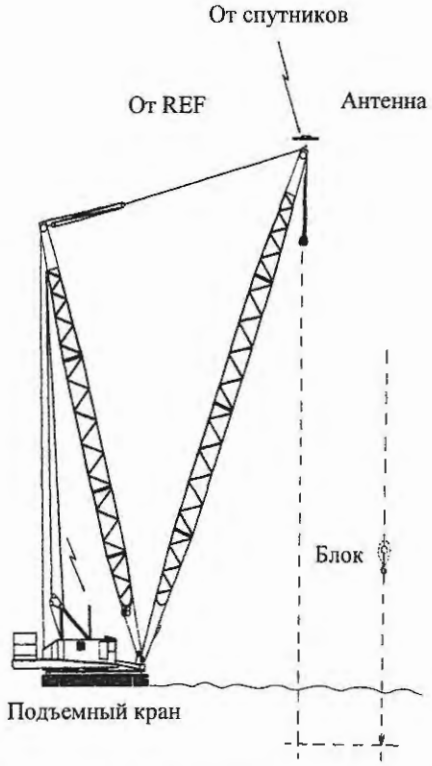


Рис.3 Схема выполнения геодезических работ при укладке железобетонных блоков

• в статическом режиме: в плане и по высоте соответственно

$$m_{XY} = (5 + 1 \cdot 10^{-6} D);$$

$$m_Z = (10 + 1 \cdot 10^{-6} D);$$

• в кинематическом режиме: в плане и по высоте соответственно

$$m_{XY} = (20 + 1 \cdot 10^{-6} D);$$

$$m_Z = (40 + 1 \cdot 10^{-6} D),$$

где $D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$; ΔX, ΔY, ΔZ – измеренные с помощью GPS-приемника приращения пространственных прямоугольных координат между опорной GPS-станцией REF и определяемой точкой, мм.

После окончания строительства дамбы на ее теле закладываются деформационные марки с целью определения вертикальных и горизонтальных смещений. Передача высотных и плановых координат через водное препятствие (канал шириной от 200 до 280 м) с пунктов сгущения, расположенных на побережье, на деформационные марки осуществляется геометрическим нивелированием

и методом полярных засечек. Так проводятся измерения для нахождения вертикальных и горизонтальных деформаций тела дамбы.

Результаты традиционных геодезических измерений с оценкой точности предусматривается обрабатывать с помощью программных комплексов UNICAD (Ливан) и XYH (Россия). Результаты GPS-измерений при съемке рельефа дна и укладке блоков планируется обрабатывать по программе Hydro-software (США), которая осуществляет переход от системы координат WGS-84 к местной (бейрутской) системе координат, а также изображение рельефа дна и маршрута движения крана.

Вместе с тем при преобразовании координат, выраженных в разных системах: пространственной прямоугольной $S(XYZ)$ с координатами X, Y, Z; геодезической $G(BLH)$ с координатами B, L, H; плоской прямоугольной $P(xyz)$ с координатами x, y и высотами z – используется программный продукт B72 [7]. При преобразовании дифференциальных поправок координат точек из одной системы в другую применяются разработанные нами алгоритм [5] и программный продукт [6].

Обработка результатов деформаций дамбы в высотном отношении осуществляется по алгоритмам и программным продуктам, разработанным М.Наджемом (Сирия) [4].

В случае создания постоянного «трансформационного набора» все определяемые точки, на которых выполняются GPS-измерения, благодаря возможностям программного комплекса «GPS» (Ливан) получают координаты в Бейрутской системе.

Преобразование координат можно выполнить с помощью разработанного нами программного комплекса B72, а совместное уравнивание спутниковых и традиционных геодезических измерений – с помощью программного комплекса B34 (Россия).

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция о построении государственных сетей. Бейрут: Дар Эльнашер, 1994.

2. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. Бейрут: Дар Эльнашер, 1991.

3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1: 1000, 1:500. ГКИНП-02-033-82. Бейрут: Дар Эльнашер, 1991.

4. *Наджем М.В.* Разработка рекомендаций по построению высотных сетей и методики наблюдения за осадками сооружений в городах Ближнего Востока: Автореф. … канд. тех. наук / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб, 1992. 23 с.

5. *Баландин В.Н.* Преобразование дифференциальных поправок координат в различных системах / В.Н.Баландин, В.Ф.Хабаров, А.В.Юськевич, М.Я.Брынь, Мухамед Аббуд // Геодезия и картография. 2002. № 10. С.6-10.

6. Преобразование дифференциальных поправок координат точек в разных системах координат (B73). Руководство пользователя / ФГУП «Аэрогеодезия». СПб, 2003. 3 с.

7. Преобразование координат в разных системах (B72): Руководство пользователя / ФГУП «Аэрогеодезия». СПб, 2003. 5 с.

Научные руководители: д.т.н. проф. *В.А.Коугия*, к.т.н. доц. *И.С.Пандул*