УДК 528.48 : 624.21

**В.В.ГРУЗИНОВ, В.А.КОУГИЯ,
О.Н.МАЛКОВСКИЙ, В.Д.ПЕТРОВ,
В.И.ПОЛЕТАЕВ, В.В.СУХАНОВ**
*Петербургский государственный университет
путей сообщения*

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ РАЗБИВОЧНАЯ СЕТЬ ДЛЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ КАМА

Изложены особенности работ по созданию геодезической сети мостового перехода через р.Каму под Казанью. Большая протяженность мостового перехода, условия местности и целесообразное для обеспечения строительства расположение геодезических пунктов не позволяли построить геодезическую сеть, состоящую из фигур правильной формы. Сложилась вытянутая в направлении оси перехода линейно-угловая сеть, опирающаяся на пункты, расположенные на коротком участке. Для обеспечения в этих условиях необходимой точности определения положения пунктов выполнено значительное число избыточных измерений. Различными вариантами уравнивания определена наиболее надежная линия сети, принятая за исходную при окончательных вычислениях. Вследствие того, что пункты сети разделены водными преградами, нивелирные ходы проложены зимой по льду. Сеть послужила основой для геодезического обеспечения строительства мостовых опор.

The specifics of geodesic network creation for bridge transition across Kama River in the vicinity of Kazan are discussed. The construction of geodesic network consisting of regular shape figures was not possible due to the great length of the bridge transition, features characteristics of the locaiity and the position of control points, which were chosen for the commodity of construction. Linear-angular network gaunt along the axis of the transition was created. The network was based on the control points located on the short area. Due to these circumstances many additional measurements were done to achieve desirable precision of point positioning. The most reliable line of the net was determined using several variants of adjustment. This line was chosen as the initial for final calculations. The level lines were created in winter time on ice because the control points were separated by rivers. The created geodesic net was used during the following construction of piers of the bridges.

Работы по созданию геодезической разбивочной сети мостового перехода через р.Каму и ее приток Архаровку под Казанью выполнял коллектив сотрудников кафедры «Инженерная геодезия» Петербургского государственного университета путей сообщения.

Сеть создавалась, как это обычно происходит при строительстве больших мостов, поэтапно, по мере возникновения задач обеспечения строительства и по мере появления условий для развития сети. На первом этапе на правом берегу Камы был проложен ход полигонометрии. На втором и третьем этапах, после намыва островков и постройки на них геодезических знаков, была развита линейно-угловая сеть, достигшая островов у левого берега.

Большая протяженность мостового перехода, условия местности и целесообразное для обеспечения строительства расположение геодезических пунктов не позволяли построить геодезическую сеть, состоящую из фигур правильной формы. Сложилась вытянутая в направлении оси перехода линейно-угловая сеть с длинными, до 4,5 км, сторонами, опирающаяся на четыре пункта проложенной на правом берегу Камы полигонометрии. Основной фрагмент сети показан на рисунке. Исходными оказались пункты МТ1, МТ4, МТ6 и МТ9, не имеющие видимости между собой и потому не связанные непосредственными измерениями и расположенные при этом на сравнительно коротком участке (протяженность 1,7 км).

Санкт-Петербург. 2004

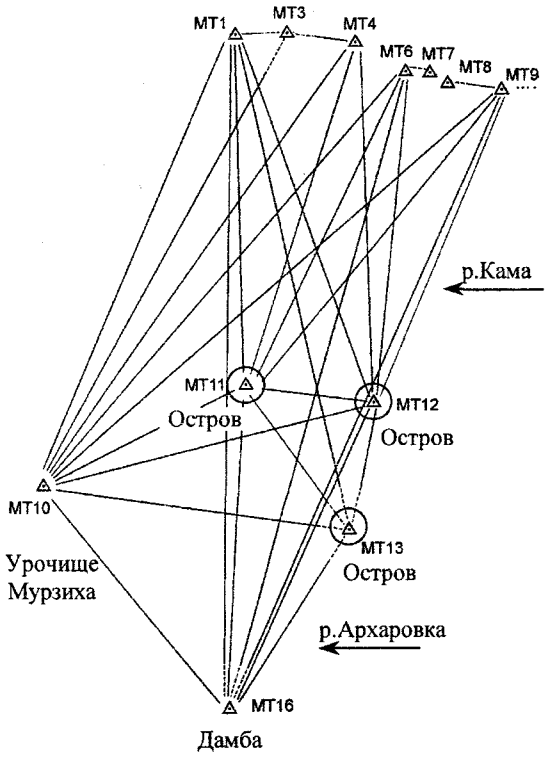


Схема мостовой разбивочной сети

Для обеспечения в этих условиях жесткости сети и необходимой точности определения положения пунктов было выполнено значительное число избыточных измерений. Так, на участке сети, содержащем 10 пунктов, было измерено 47 горизонтальных направлений и 22 расстояния. Углы были измерены оптическими теодолитами Т2 со средней квадратической ошибкой 1,8″, вычисленной по невязкам треугольников (по формуле Ферреро). Длины сторон сети измерены светодальномером СТ-5 «Блеск», средняя квадратическая погрешность измерения расстояний которым, установленная при его компарировании на специальном базисе, была равной 2,0 мм. Средняя квадратическая погрешность, вычисленная по разностям двойных измерений сторон сети прямо и обратно, составила 4,1 мм.

Уравнивание сети выполнено в трех вариантах. В первом варианте за безошибочные исходные пункты были приняты упомянутые четыре пункта на правом берегу реки. Ненадежность опирания сети на слабо связанные между собой пункты привела к низкой точности результатов уравнивания: недопустимо большим поправкам в измеренные направления и большим средним квадратическим ошибкам в координатах пунктов (доходящим до 30 мм).

Во втором варианте уравнивания к ранее использованным четырем пунктам прибавили еще три пункта правобережной сети (МТ3, МТ7, МТ8). В этом варианте точность линий, ненадежно определенных в первом варианте, повысилась, но уже неточными оказались другие линии. Вместе с тем в обоих вариантах одна линия длиной 4,4 км, соединяющая правобережный пункт МТ1 с пунктом МТ16, оказалась определенной с высокой точностью по длине (относительная средняя квадратическая погрешность 1:800000) и по направлению (средняя квадратическая погрешность 0,8″).

Это позволило предпринять третий, окончательный, вариант уравнивания, в котором за исходные приняты пункты МТ1 и МТ16 (последний – с координатами, полученными из предыдущих вариантов), а также наиболее удаленный от МТ1 правобережный пункт МТ9. В результате нового уравнивания все выполненные измерения пришли в хорошее согласие. При этом координаты всех пунктов сети получены со средними квадратическими ошибками менее 6 мм. Исключение составил пункт правобережной полигонометрии МТ6, у которого ордината имела погрешность $m = 9$ мм. Средние квадратические ошибки измерений, вычисленные по результатам уравнивания, оказались следующими: у углов 1,5″, у расстояний 3,8 мм. Поперечная и продольная ошибки наиболее слабой стороны получены равными 3 мм. Все названные характеристики точности указывают на то, что в конечном счете построена непротиворечивая, хорошо увязанная линейно-угловая сеть достаточной для обеспечения строительства моста точности.

Вычисленные в результате уравнивания координаты пунктов сети были преобразованы из ранее принятой системы координат, введенной на этапе изысканий организацией «КИЕВСОЮЗДОРПРОЕКТ», в систему координат, связанную с пикетажем трассы. При этом учтено, что для двух пунктов сети

(МТ16 и МТ13), расположенных на оси моста через р.Архаровку, кроме вычисленных координат известны еще и значения пикетажа. Путем афинного преобразования координат сети с использованием в качестве начального пункта МТ16 и направления на МТ13 получены координаты в системе пикетажа для всех пунктов построенной сети.

Построенная сеть послужила основой для ее дальнейшего развития.

Впоследствии на большинстве пунктов сети совместно с сотрудниками Казанского государственного университета были выполнены еще и спутниковые измерения, в основном подтвердившие ранее полученные результаты и вскрывшие некоторые, не обнаруженные с помощью уравнивания, неточности сети. Результаты обработки спутниковых измерений рассмотрены в статье*.

Особенности условий местности наложили отпечаток и на определение высот пунктов. Большинство пунктов сети оказалось разделенным широкими водными преградами, что сделало невозможным передачу высот с пункта на пункт и построение высотной сети с помощью нивелирных ходов, проложенных традиционными методами. Ходы нивелирования были проложены зимой по льду. По линиям нивелирования предварительно разбивали отрезки длиной около 150 м. На их концах очищали от снега места для установки нивелира и реек. В ходе измерений были использованы нивелир Н-05 и деревянные трехметровые рейки. Для контроля измерения на каждой станции выполняли при двух горизонтах инструмента. Во время измерений вели наблюдения за вертикальными подвижками льда.

Построенная сеть послужила разбивочной основой для геодезического обеспечения строительства мостовых опор, в ходе которого сотрудники кафедры выполняли контроль точности их возведения.

---

* *Грузинов В.В.* Применение системы GPS для построения мостовых разбивочных сетей / В.В.Грузинов, Р.В.Загретдинов, В.А.Коугия // Геодезия и картография. 2001. № 5. С.18-23.