

ИЗ ОПЫТА СОЗДАНИЯ ВЫСОТНОЙ РАЗБИВОЧНОЙ СЕТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВНЕКЛАССНЫХ МОСТОВ

Рассмотрены вопросы создания высотных сетей для обеспечения строительства больших и внеклассных мостов. Основное внимание уделено передаче отметок через большие водные преграды методами геометрического и тригонометрического нивелирования. Даны рекомендации по методике выполнения нивелирования по льду для рек с устойчивым ледоставом, а также при передаче отметок на реках при отсутствии устойчивого ледового покрова. При передаче отметок рассмотрена возможность использования современных электронных тахеометров. Приведены конкретные примеры выполнения работ по передаче отметок нивелированием по льду (мостовой переход через р.Каму длиной в несколько километров), а также описан опыт создания высотной сети при строительстве вантового моста через р.Неву в Санкт-Петербурге с помощью высокоточных нивелиров и электронного тахеометра.

The aspects are considered of vertical marking out systems for building big and non-standard bridges. Much attention is given to the issue of marks communicating across vast water banners by means of geometric and triangulation levelling. Recommendations are given concerning the methods of levelling on rivers covered with thick ice as well as ways of marks communicating in case of rivers without thick ice cover. The possibility is considered of electronic tacheometer application for communication of the marks. Specific examples are shown when marks were communicated by means of levelling across the ice (the bridge crossing over the Kama river several kilometers long); the experience is described of a vertical system creation during the construction of a cable-stayed bridge over the Neva river in Saint-Petersburg when precision levels and an electronic tacheometer were used.

При строительстве любого мостового перехода высотная сеть должна отвечать требованиям СНиП 3.06.04-91 «Мосты и трубы», реперы должны быть устойчивы, увязаны в единую высотную систему, связаны с государственной нивелирной сетью, их количество должно быть достаточным для выполнения любых работ на строительной площадке.

Кафедра «Инженерная геодезия» ПГУПС имеет большой опыт работ по обеспечению строительства крупных мостовых переходов. Это мосты через р.Каму близ Казани, через Кольский залив в г.Мурманске, через р.М. Северная Двина в г.Котласе, вантовые мосты в Киеве, Риге, Сургуте, строящийся вантовый мост через р.Неву в Санкт-Петербурге и др.

Строительство больших и внеклассных мостов имеет ряд особенностей, которые

необходимо учитывать при создании высотных разбивочных сетей:

- из-за большой протяженности мостовых переходов сети создаются поэтапно, по мере закладки реперов;

- имеющиеся на разных берегах реперы государственной (городской) сети определены в разное время, из разных ходов, поэтому их отметки плохо согласуются;

- часто строительство ведется одновременно с двух берегов разными подрядными организациями, поэтому вся высотная сеть должна быть заранее увязана в единую систему;

- наметилась тенденция усложнения конструкций мостов, что предъявляет к строительству и его геодезическому обеспечению более высокие требования.

Рассмотренные особенности при сооружении больших мостов требуют созда-

ния на участке строительства единой высокоточной высотной сети, связывающей противоположные берега водотока. Главной трудностью при этом является передача отметки через большие водные преграды.

Основными способами передачи отметки являются геометрическое нивелирование по льду, прямая передача отметки с помощью нивелиров с большим увеличением зрительной трубы и тригонометрическое нивелирование с использованием современных электронных тахеометров.

Нивелирование по льду может быть применено, в основном, в северных и восточных районах страны, где на водоемах имеется устойчивый ледовый покров. Передача отметки между берегами крупных рек по результатам нивелирования по льду была использована сотрудниками кафедры при строительстве мостов через реки Иртыш (Омск), Кама (Казань), М. Сев. Двина (Котлас) и др.

Основные погрешности при нивелировании по льду связаны с просадкой ножек штатива и реек, а также с возможным колебанием ледяного поля в связи с тем, что большинство крупных рек зарегулировано и в период выполнения работ возможен сброс воды.

При строительстве через р. Каму мостового перехода, протяженность которого составила около 15 км, сеть создавали и наращивали постепенно в течение 1994-1997 годов по мере намывки песчаных островков для установки пунктов. Передачу отметок по льду проводили в разные годы трижды по единой выработанной методике. Для производства работ был выбран период с конца февраля по начало марта, когда лед еще устойчив и имеет большую толщину (60-80 см), сильных морозов нет, световой день уже достаточно длинен. Разбивка хода была сделана заранее, длина плеч составляла 150 м. В качестве связующих точек были использованы металлические арматурные штыри длиной 50-60 см, заранее замороженные в лед. Нивелирование производилось нивелиром Н-05 строго из середины горизонтальным лучом по деревянным, двухсторонним рейкам. Для обеспечения дополнительного контроля на станции и повышения точности нивелирование выполняли разные

наблюдатели при двух горизонтах инструмента, в прямом и обратном направлениях, дважды, в разные дни.

Такая методика себя оправдала. Использование нивелира с увеличением $40\times$ позволило увеличить длину плеч, уменьшить число стоянок на льду, сократить время выполнения работ. Тем не менее были зафиксированы колебания льда, достигающие 14 мм, поэтому в период выполнения нивелирования необходимо систематически контролировать стабильность ледового поля с берега по специально установленной рейке. Результаты нивелирования показали, что отметки пунктов, полученные в разные годы, отличались не более чем на 7 мм.

При ширине водотока до 700 м возможна передача отметок с одной стоянки прибора (нивелира или электронного тахеометра) на льду в середине водотока. Это позволяет значительно повысить точность передачи отметки за счет сокращения времени выполнения работ, уменьшения количества стоянок, снижения влияния рефракции. Передачу следует выполнять 3-4 приемами, меняя горизонт инструмента. В этом случае можно обеспечить точность передачи отметки 2-3 мм.

При отсутствии устойчивого ледостава передачу отметок можно выполнять, используя нивелиры с большим увеличением зрительной трубы или современные электронные тахеометры. Подобная методика была применена при передаче превышений через р. Вишеру (Урал) и р. Неву в Санкт-Петербурге.

Для повышения точности передачи отметок при работе нивелиром можно дать следующие рекомендации: использовать приборы с большим увеличением зрительной трубы и качественным уровнем или компенсатором; в случае необходимости применять подвижные марки (щитки); исправление угла i выполнять непосредственно перед наблюдениями на расстояниях порядка 150-200 м; выбирать благоприятные условия для проведения наблюдений в целях уменьшения влияния рефракции (подъем луча над подстилающей поверхностью, выбор погодных условий, когда темпера-

турный градиент над водной поверхностью минимальный); применять одновременные наблюдения с двух берегов двумя наблюдателями (два приема с перевозкой наблюдателей с приборами).

Высотная сеть для обеспечения строительства вантового моста через р. Неву была создана в 2001–2002 годах. Высоты всех пунктов сети определены в единой для всего мостового перехода «системе высот левого берега», исходной для которой явилась высота стенной марки № 3321 (II кл.) городской нивелирной сети. Рабочие реперы были совмещены с плановыми пунктами разбивочной сети.

Передача отметок с двух пунктов левого берега на два пункта на правом берегу была выполнена методом геометрического нивелирования с соблюдением требований «Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов», 1990 г. Передача отметок была выполнена трижды с интервалом в несколько месяцев, причем дважды – сотрудниками кафедры и один раз – геодезистами ГУП «Трест ГРИИ». Средняя длина сторон при передаче отметок составляла 350 м. Для работ были использованы нивелиры Н-05 (Россия) и Ni-004 (K. Zeiss). Передача отметки выполнялась с соблюдением вышеперечисленных рекомендаций.

Невязка в замкнутом четырехугольнике, вычисленная по средним превышениям, во всех циклах измерений не превышала 4 мм. Невязки в треугольниках с использованием диагоналей четырехугольника не превышали 3 мм. Расхождения в превышениях по сторонам сети, полученные в разное время, не превосходят 4 мм.

Современные электронные тахеометры дают возможность определять непосредственно превышение. Они позволяют с высокой точностью измерять расстояния, оснащены электронным уровнем и обладают большой стабильностью места нуля, что дает возможность использовать их для передачи превышений через водные преграды. При этом рекомендуется: выполнять наблюдения последовательно с двух берегов как минимум на два пункта; несмотря на наличие электронного уровня и компенсатора,

наблюдения выполнять при двух положениях вертикального круга; с высокой точностью определять высоту инструмента и отражателя.

Для контроля передачи отметок и проверки возможности использования электронного тахеометра осенью 2002 г. при строительстве вантового моста через р. Неву превышения по двум сторонам сети были определены методом тригонометрического нивелирования. Для этой цели был использован электронный тахеометр SET-300 («Sokkia», Япония). В измеренные расстояния вводились поправки за температуру воздуха и атмосферное давление; в превышения – поправки за кривизну Земли и рефракцию. Превышения были определены в прямом и обратном направлениях. Каждое из превышений вычислялось как среднее из восьми приемов (четыре приема при круге лево и четыре при круге право). Приведение электронного уровня (в тахеометре «наклон инструмента») давало меньший разброс в превышениях между приемами, чем приведение цилиндрического уровня. Расхождения в превышениях, полученных методом тригонометрического нивелирования прямо и обратно, не превышали 3 мм. Расхождения в превышениях, полученных разными методами, составили 2–4 мм.

Опыт выполнения подобных работ показал следующее:

1. При создании высотной сети мостового перехода обязательным является создание единой высотной сети с использованием в качестве исходного одного репера государственной (городской) сети, отметки от которого передаются на все остальные пункты сети.

2. Особое внимание следует уделять связи между берегами водотока, используя для передачи отметки, в зависимости от местных условий, разные способы: нивелирование по льду, традиционное применение высокоточных нивелиров или современных электронных тахеометров.

3. В течение всего периода строительства должен быть организован периодический контроль высотного положения пунктов сети.