

**ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СТРОИТЕЛЬСТВА УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Подшивалов В.П., д-р техн. наук, проф.; Козакевич А. И.;
Ялтыхов В.В., канд. техн. наук, доц.
(Полоцкий государственный университет)*

Рассмотрены основные этапы геодезических работ для высокоточной установки конструкций сооружений в проектное положение при строительстве уникальных объектов Республики Беларусь. На примерах геодезического обеспечения строительства уникальных объектов приведены схемы создания опорных и разбивочных сетей с их анализом точности. Предлагаются варианты практического решения задач геодезического обеспечения строительства для достижения максимально возможной точности с применением современных приборов, приспособлений и оборудования.

При строительстве современных уникальных инженерных сооружений требуется высокая точность установки в проектное положение элементов строительных конструкций. Для обеспечения необходимой точности, предусмотренной проектной документацией, которая нередко характеризуется величинами 0,5 - 5 мм необходимы специальные приборы и приспособления, а также соответствующие методы производства геодезических измерений. Это должно быть предусмотрено в проекте производства геодезических работ, который должен разрабатываться в тесной связи с проектом и календарным графиком производства строительно-монтажных работ, технологией их производства, конструктивными особенностями и компоновкой отдельных элементов сооружения, с учетом конкретной строительно-монтажной обстановки. Существенной особенностью производства геодезических работ является то, что в процессе сопровождения строительства, когда речь идет об установке в проектное положение сложных конструкций, геодезические данные должны, по возможности, выдаваться в режиме реального времени. От этого во многом зависит ритмичность и качество проведения монтажа [1].

Основными этапами производства геодезических работ для высокоточной установки конструкций сооружений в проектное положение являются:

- 1) проект производства геодезических работ (ППГР), который является основанием для их выполнения и включает в себя:
 - разработку общей схемы решения задачи по установке конструкций в проектное положение;

- разработку схемы и методов построения плановых и высотных геодезических сетей, типы центров и методы их закрепления;
- разработку технических средств и методики производства измерений для высокоточной установки конструкций, и последующего мониторинга элементов сооружения;
- 2) создание опорной геодезической сети;
- 3) создание разбивочной геодезической сети;
- 4) выполнение разбивочных работ по выносу осей, отдельных (контрольных) точек сооружения и их закрепление;
- 5) геодезическое сопровождение установки строительных конструкций в проектное положение;
- 6) исполнительные съемки.

Выбор той или иной схемы зависит от общей компоновки сооружения и устанавливаемых конструкций, характера и проектной точности их взаимосвязи, входящего в единый технологический строительно-монтажный комплекс. Возможны следующие схемы:

1-я схема. Установка конструкций производится от закрепленной в натуре исходной оси, называемой монтажной осью или базовой линией. Относительно этой оси в проекте задано линейными и угловыми размерами положение отдельных конструкций и оборудования в плане и по высоте.

2-я схема. Установка конструкций и оборудования выполняется от пунктов специальной опорной геодезической сети, стороны которой принимают на себя роль исходных осей. Пункты сети располагают в местах, обеспечивающих детальные разбивочные работы в течение всего монтажа оборудования и наблюдение за его положением в эксплуатационный период.

3-я схема. Строительные конструкции в процессе монтажа устанавливаются последовательно одно относительно другого по заданному в проекте взаимному положению. Необходимые при этом измерения чаще всего выполняют использованием средств машиностроительной измерительной техники (контрольных линеек, штангенциркулей, нутромеров, монтажных уровней, катетометров и др.). В ряде случаев разрабатываются специальные шаблоны и контрольно-измерительные приборы применительно к конкретным условиям монтажа.

При выборе метода и схемы построения сети необходимо учитывать, что требования к точности установки оборудования могут быть неодинаковыми по различным направлениям. Иногда всего лишь по одному из направлений, обычно определяемому условиями обеспечения основного тех-

нологического процесса в сооружении, требуется высокая точность. Следовательно, и в определении положения пунктов опорной сети наибольшая точность должна быть обеспечена в этом заданном направлении.

Особенностью построения опорных геодезических сетей для высокоточной установки конструкций и оборудования является большая плотность пунктов, что приводит к тому, что расстояния между смежными пунктами короткие, составляют порядка 50 м. В этом случае при равных внешних условиях добиться высокой точности линейных измерений легче, чем угловых. В строительстве специальных сооружений довольно часто представляется целесообразным, чтобы разбивочная сеть повторяла форму сооружения, во многих случаях применяют комбинации из различных геометрических схем. Наиболее высокую точность и оперативность монтажа можно получить, когда плано-высотную опорную сеть по возможности совмещают с разбивочной. Тогда пункты опорной сети используются непосредственно для установки строительных конструкций. Плано-высотная сеть должна располагаться так, чтобы с одной стороны не мешать выполнению монтажных и эксплуатационных работ, а с другой, - чтобы было удобно проводить по ней геодезические измерения [1].

Рассмотрим практическое применение изложенного выше на реальных объектах, в геодезическом обеспечении которых кафедра прикладной геодезии и фотограмметрии принимала непосредственное участие (Национальная библиотека Республики Беларусь, Летний амфитеатр в г. Витебске и универсальный культурно-спортивный комплекс «Минск - Арена» в г. Минске).

Для геодезического обеспечения монтажа спайдерного остекления 3-го и 2-го уровней Национальной библиотеки Республики Беларусь была создана разбивочная геодезическая сеть, схема которой приведена на рисунке 1. Так как грани 3-го и 2-го уровней имеют наклон, близкий к 45° , необходимо было обеспечить точность разбивки 5 мм по всем трем координатным осям. Оценка точности этой сети, полученная по результатам уравнивания, приведена в таблице 1.

Использование практически симметричной схемы построения с принудительным центрированием отражательных систем позволило получить практически одинаковые СКО по всем трем координатным осям.

Аналогичные результаты были получены на объекте «Минск - Арена», которые приведены в таблице 2. Схема сети приведена на рисунке 2.

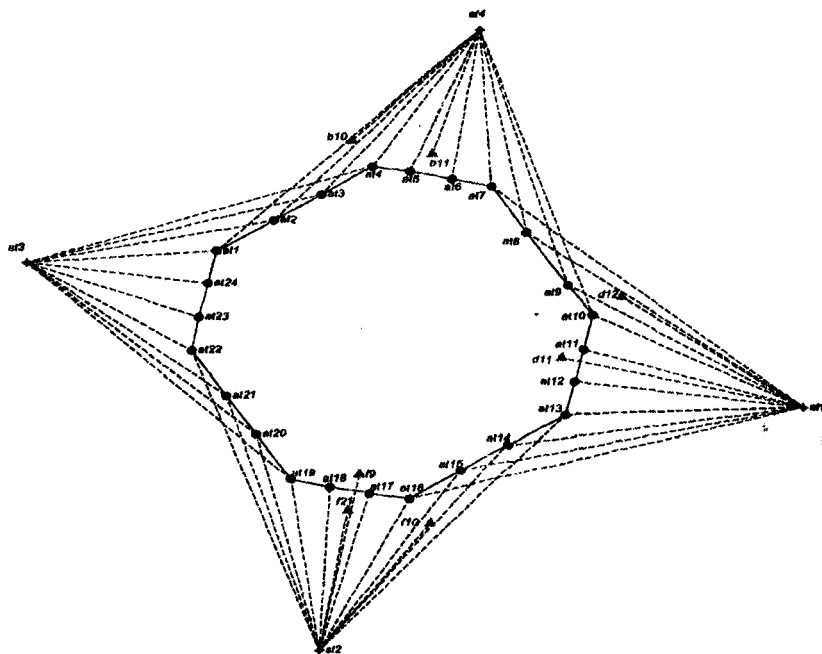


Рис. 1. Разбивочная геодезическая сеть

Таблица 1

Результаты, оценки точности разбивочной геодезической сети, полученной по результатам уравнивания

СКО направлений	СКО линий	б _{max} , м	SM _{нн} , м	M _x , мм (тах/міп)	M _y , мм (тах/міп)	M _h , мм (тах/міп)
63"	23 мм	56,5	21,4	1,8/1,3	1,6/1,1	1,5/1,2

Таблица

Результаты, полученные на объекте «Минск - Арена»

СКО направлений	СКО линий	SM _{max} , м	SM _{нн} , м	M _x , мм (тах/міп)	M _y , мм (тах/міп)	M _h , мм (тах/міп)
5,7"	13 мм	68,0	16,5	1,0/0,6	1,3/0,6	1,5/0,9

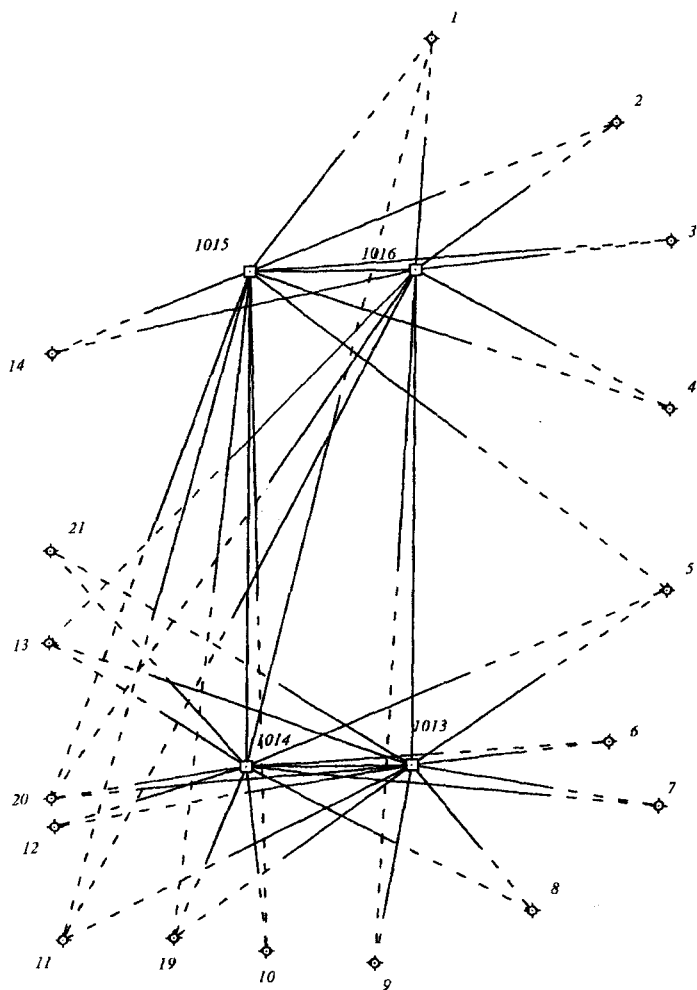


Рис. 2. Схема сети на объекте «Минск - Арена»

На объекте «Летний амфитеатр в г. Витебске» плано-высотная опорная сеть была совмещена с разбивочной сетью [2]. Схема сети приведена на рисунке 3, а оценка точности, полученная по результатам уравнивания, приведена в таблице 3.

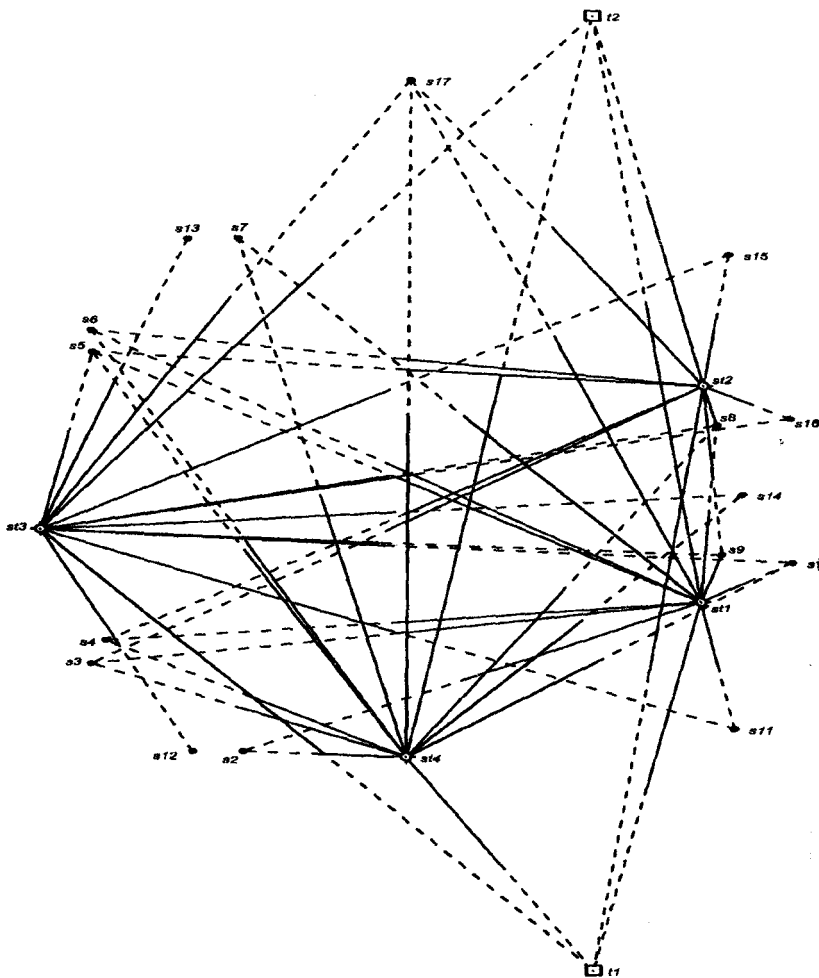


Рис. 3. Схема разбивочной сети «Летний амфитеатр в г. Витебске»

Таблица 31

Результаты уравнивания, полученные на объекте «Летний амфитеатр в г. Витебске»

СКО направлений	СКО линий	S_{max} , м	S_{min} , м	M_x , мм (тах/мін)	M_y , мм (тах/мін)	M_h , мм (тах/мін)
2Δ"	1,0 мм	77,3	14,0	0,8/0,5	0,6/0,4	1,3/0,9

При уравнивании сети, приведенной на рисунке 1, как «свободная» $m_p = 2,5''$, $m_s = 0,8$ мм, а при уравнивании сети объекта «Минск - Арена» как «свободная» $m_p = 4,2''$, $m_s = 1,2$ мм. Оценка точности измеренных величин улучшилась в 2,5 и 1,5 раза соответственно.

Полученные результаты показывают, что наиболее оптимальным вариантом с точки зрения точности является вариант, когда планово-высотная опорная сеть была совмещена с разбивочной сетью.

Следующим этапом являются разбивочные работы и установка строительных конструкций в проектное положение.

При помощи современных электронных тахеометров задача выноса необходимых точек и осей конструкций решается наиболее оперативно. Для этого необходимо знать лишь проектные координаты выносимой точки в заданной системе координат. Здесь также необходимо определить местоположение прибора и его ориентацию. В электронных тахеометрах задача определения местоположения прибора и его ориентации может решиться посредством следующих функций:

- обратная засечка;
- известная станция;
- высота станции.

Выбор того или иного метода зависит от решаемой задачи и конкретных условий на строительной площадке.

В режиме «разбивка» электронный тахеометр отображает на табло необходимую информацию, в зависимости от выбранного способа разбивки:

1) полярный - разбивочными элементами являются полярный угол и расстояние;

2) прямоугольных координат от станции (к станции) - исходное направление задается от станции до текущей позиции отражателя, расстояние вдоль этой линии (вперед/назад и вправо/влево), и превышение (+/-) будут отображаться на дисплее;

3) прямоугольных координат от точки, с известными координатами (к точке) - исходное направление задается от заданной точки до текущей позиции отражателя, расстояние вдоль этой линии (вперед/назад и вправо/влево), и превышение (+/-) будут отображаться на дисплее;

4) приращений координат (исходное направление - Север) - отображаются приращения координат от текущего положения отражателя до выносимой точки.

При установке строительных конструкций в проектное положение выбор способа зависит от возможности перемещения его в различных направлениях. Наиболее удобными являются четвертый (когда возможны

которые проблемы. На всех строительных чертежах даны необходимые данные (размеры, координаты и т.д.) для точек пересечения строительных осей, которые часто являются недоступными для точной установки отражателя или наблюдения в «безотражательном» режиме (например, центр отверстия). Одним из вариантов решения этой проблемы может быть «маркировка» заранее определенных точек на конструкции при их изготовлении, что должно быть предусмотрено на стадии проектирования такой строительных конструкций. На объекте *«Летний амфитеатр в г. Витебске»* при геодезическом обеспечении монтажа металлоконструкций возникла задача выбора фиксированных точек на этих конструкциях. Металлоконструкции представляли собой сваренные металлические трубы различного диаметра. При выносе в проектное положение осевых точек в процессе монтажа часть из них является недоступной для установки отражающих систем, что не дает возможностей однозначно зафиксировать их в пространстве. Поэтому нами были разработаны приспособления, позволяющие фиксировать однозначно именно верхние образующие цилиндрических поверхностей (рис. 4).

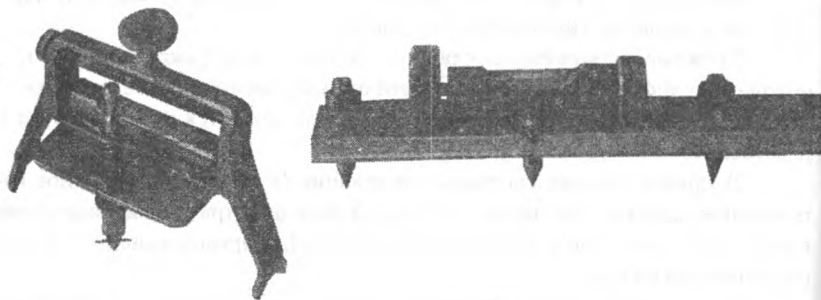


Рис. 4. Приспособления для определения верхних образующих цилиндрических поверхностей

Данные приспособления представляют собой микронивелир, снабженный цилиндрическим уровнем, с устройством, позволяющим фиксировать (кернить) точку, лежащую на верху образующей наклонного цилиндра. Контроль установки наклонных арок в проектное положение (в плане и по высоте) осуществляется линейными промерами.

При необходимости установки строительных конструкций в проектное положение с точностью выше 10 мм должны разрабатываться специ-

альные шаблоны, устройства и т.д. применительно к конкретным условиям монтажа, которые позволят перемещать устанавливаемую конструкцию в трех взаимно перпендикулярных направлениях с необходимой дискретностью и надежно фиксировать после его установки. Наличие и конструкция таких вспомогательных устройств должны быть предусмотрены в проекте строительно-монтажных работ. Их применение позволяет существенно повысить точность установки и значительно сократить сроки строительно-монтажных работ.

При установке опорных консолей арок на этом же объекте возникли две задачи: 1) минимизация перемещений опорной консоли в плане и по высоте в процессе бетонирования с применением виброустройств, а также их высокоточное определение; 2) обеспечение надежной фиксации конструкции после ее установки в проектное положение с необходимой точностью. Опорные консоли представляли собой цилиндр длиной до 2,5 м. В соответствии с проектными требованиями вынос опорных консолей в натуру и их фиксация должны были осуществлены с точностью не ниже ± 5 мм. Выполнить эти требования на короткой базе в 2,5 м довольно проблематично не с точки зрения геодезии, а с точки зрения монтажа и последовательных микроперемещений до проектного положения в пространстве. Для того чтобы решить эту проблему, были созданы специальные шаблоны (кондуктора), обеспечивающие определенные степени свободы для перемещений конструкции (рис. 5).

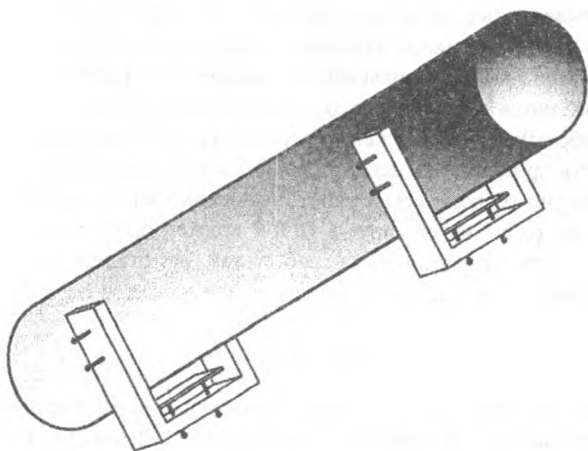


Рис. 5. Специальные шаблоны (кондуктора), обеспечивающие определенные степени свободы для перемещений конструкции

В дальнейшем, осуществив предварительный вынос и закрепление самих консолей внутри этих шаблонов, для более точной доводки в проектное положение использовались винтовые элементы этих шаблонов. Вынос в проектное положение верхней и нижней точек по образующим опорных консолей осуществлялся методом приближений. При этом величины и направления смещений (отстояний от проектных значений) анализировались и оперативно выдавались в виде рекомендаций монтажникам. Сложность перемещений еще вызвано было тем, что сами шаблоны, как видно из рисунка 5, поддерживали опорные консоли не в верхней и нижней точках, а были смещены к середине. Соответственно это вызывало увеличение количества приближений. Разнести шаблоны по краям консолей не позволяло то, что сами консоли в последующем до определенной отметки бетонировались. Впоследствии, после выноса в проектное положение опорных консолей и после окончательного закрепления их внутри шаблонов, была выполнена исполнительная съемка. Следует отметить, что в условиях строительной площадки и при бетонировании, возникали ситуации, при которых могло нарушаться положение опорных консолей. Нами выполнялись повторные исполнительные съемки для целей контроля пространственного положения опорных консолей в момент монтажа опалубки и при бетонировании. В процессе анализа данных исполнительный съемок принимались решения по совершенствованию технологии их установки и выверки.

Учитывая опыт производства работ по инженерно-геодезическому обеспечению строительства указанных уникальных объектов можно сделать следующие выводы: инженерно-геодезические работы на уникальных объектах являются составной частью производства работ (это не вспомогательные работы); ППГР должен представлять собой составную и необходимую часть проекта производства работ на объекте; стоимость производства инженерно-геодезических работ должна входить в сметную стоимость производства работ на объекте; в ШИТ должен быть предусмотрен комплекс инженерно-геодезических работ как на стадии проектирования, строительства, так и в процессе эксплуатации объектов (мониторинг).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левчук, Т.П. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений / Г.П. Левчук. - М.: Недра, 1983.
2. Геодезическое обеспечение монтажа фундаментов и покрытия при реконструкции Летнего амфитеатра в г. Витебске: техн. отчет. - Новополоцк, 2007.