

ОПЫТ АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЭСТАКАД

М.Я. Шейнер («ЭЛГАД»)

В 1986 г. окончил Московский институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ) по специальности «мосты и тоннели». Работал в Главмострое, за рубежом. С 1998 г. — заместитель генерального директора компании «ЭЛГАД Интернэшнл». С 2001 г. — генеральный директор компании «ЭЛГАД».

С.М. Рогов («ЭЛГАД Мост»)

В 1999 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». С 2001 г. — старший геодезист компании «ЭЛГАД Мост».

В.Ю. Волгин («ЭЛГАД Мост»)

В 1996 г. окончил Московский колледж геодезии и картографии, в 1999 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». С 2000 г. — геодезист компании «ЭЛГАД Мост».

В 1999 г. компания «ЭЛГАД» приступила к строительству комплекса искусственных сооружений — Тульской развязки, одного из самых сложных и больших участков третьего транспортного кольца Москвы.

Следует отметить, что современные требования, предъявляемые к городскому строительству, стали более жесткими, чем раньше. Поэтому строительство развязки велось круглосуточно, с большой интенсивностью. Чтобы обеспечить такой темп и пропускную способность автомобильного транспорта, при строительстве эстакад был применен метод циклической продольной надвигки (ЦПН), пролетное бетонирование конструкций на перемещаемых подмостях и другие передовые технологии. Для возведения комплекса потребовалось 120 тыс. м³ бетона и всего 2 года работы вместо 5–6 лет, затрачиваемых обычно на объекты аналогичного масштаба и сложности.

▼ Особенности объекта

Перед началом строительства рядом организаций была выполнена перекладка и вывод подземных коммуникаций из зон, попадающих под строительство. По мере продвижения этих работ на подготовленных территориях началось возведение опор эстакад.

Под каждую опору создавалось поле буронабивных свай. В зависимости от производственных и геологических условий сваи имели диаметр 0,8–1,5 м и забуривались на глубину до 35 м. На сваях устраивались бетонные ростверки, на которых, в свою очередь, возводились стойки опор.

Когда опоры были готовы, началось сооружение пролетных строений — 18 независимых железобетонных конструкций (рис. 1). Ось каждой эстакады представляла собой сложную трехмерную линию из нескольких составляющих: в плановом отношении это были дуги разных радиусов или прямые, а в высот-

ном — вертикальные кривые или вертикальные прямые. Верх пролетного строения имел поперечный уклон, часто переменный.

Применяя метод ЦПН, секции эстакад длиной до 30 м бетонировали на стапелях, каждый из которых представлял собой систему ростверков из несущих стальных балок, поддерживающих опалубку для бетонирования конструкций. Под пролетом на стапельных опорах устанавливались слайдинги — забетонированные стальные тумбы, имеющие сверху площадки опирания для уменьшения трения. Перед стапелем на специальных анкерных опорах монтировался мощный домкрат для перемещения надвигки пролетного строения.

После бетонирования пролета секции стапель опускали, при этом секция оставалась на слайдингах. Далее секцию пролета сдвигали по слайдингам, освобождая стапель для следующей секции. Затем к первой секции прибетонировалась вторая, и



Рис. 1
Фрагмент схемы Тульской развязки

процесс повторялся. Пролет сдвигали так, чтобы задний торец готовой секции точно совпал с передним торцом будущей.

Ось надвиги — круговая кривая или прямая, не обязательно совпадает с осью проезжей части эстакады. В проекте задается центр и радиус этой дуги, соответственно все точки надвигаемого пролета в плановом отношении движутся с собственными радиусом вокруг одного и того же центра.

Основной конструктивный элемент эстакады — это поверхность низа пролетного строения, от которой строятся все вертикальные размеры пролета. Она служит основой для расчетов устройств опирания и представляет собой траекторию надвигаемой эстакады в высотном отношении.

Надвижка осуществлялась с использованием металлических аванбеков, снижающих уровень изгибающих моментов при монтаже конструкции. На каждой опоре устанавливалось четыре слайдинга. При надвиге между низом пролета и слайдингом вводили специальные листы с фторопластовым покрытием, имеющие очень малый коэффициент трения. В проекте плановое и высотное положение площадки опирания слайдинга задавалось четырьмя точками. В высотных значениях учитывалась толщина фторопластовой карты.

Когда эстакада занимала проектное положение, слайдинги убирали и пролет переопирали на постоянные опорные части трех видов: всесторонне-подвижные, линейно-подвижные и

неподвижные.

Обычно в середине пролета размещалась одна неподвижная опорная часть, а оси остальных были сориентированы на нее. Опорные части точно устанавливались на подферменниках с учетом температуры окружающего воздуха.

▼ Геодезическое обеспечение строительства

Геодезическое обеспечение строительства включало вынос и закрепление продольных и поперечных осей и определение высот для всех перечисленных сооружений. Конструкции выполнялись из монолитного железобетона, кроме блоков сборного бордюрного камня. Поэтому одной из основных задач геодезической группы была проверка положения опалубки перед бетонированием, а также контроль готовых элементов.

Средняя квадратическая погрешность (СКП) геодезических измерений зависела от видов выполняемых работ (см. таблицу).

В рамках предъявленных требований для геодезической группы одной из основных проблем являлось увеличение скорости выполнения как полевых, так и камеральных работ, включающих обработку результатов измерений, подготовку оперативных исполнительных схем для строителей. За время строительства геодезической группой из четырех человек было создано более 2000 чертежей.

Полевые работы выполнялись с помощью электронных тахеометров Topcon 501 и Topcon 702 (Topcon Positioning Systems, Япония), а камеральная обработка осуществлялась на двух персональных компьютерах, работающих в сети и имеющих выход в Интернет. Результаты измерений можно было записывать в память тахеометра Topcon 702, а затем передавать напрямую в компьютер или РСМСIA-карту. У геодезической группы также были в распоряжении рации с отдельной фикси-

СКП при выполнении различных видов работ

Виды работ	СКП геодезических измерений, мм	
	в плане	по высоте
Земляные работы	20	20
Установка опалубки бетонных сооружений	5	5
Установка слайдингов	2	1

рованной частотой, чтобы избежать наложения переговоров строительных подразделений.

Геодезическая основа представляла собой сеть марок и сигналов (рис. 2). Марки закреплялись на близлежащих капитальных сооружениях и были, как металлические, так и светоотражающие листовые (Sokkia, Япония). Сигналы устанавливались на капитальных опорах или независимых бетонных фундаментах так, чтобы визирная ось прибора была выше пролетного строения. Сигнал представлял собой металлическую трубу, заякоренную в основание и конструкцию лесов вокруг нее, с площадкой и крышей наверху для подъема и работы геодезистов. Сверху к трубе крепилась горизонтальная пластина (столлик) с отверстием для принудительного центрирования. Чтобы избежать кручения знака под воздействием солнца, трубу и связи обматывали подручным теплоизолирующим материалом. В местах постоянного ведения работ (на стапелях) устанавливались малые геодезические столики. Практически все текущие геодезические работы выполнялись с сигналов и столиков.

Регулярно проводились работы по наблюдению за состоянием опорной сети. Таким образом было создано точное обоснование, исключающее ошибки центрирования и упрощающее алгоритм повседневных геодезических работ.

▼ Технология ведения работ

Разработанная технология работ связывала в единый высокоэффективный технологический комплекс данные о строящемся объекте, полевые измерения и результаты камеральной обработки.

Наличие персональных компьютеров у геодезической группы позволяло оперативно, наглядно и точно готовить разбивочные схемы сложных конструктивных узлов в электронном виде. Кроме того, в любой момент можно было получить необ-

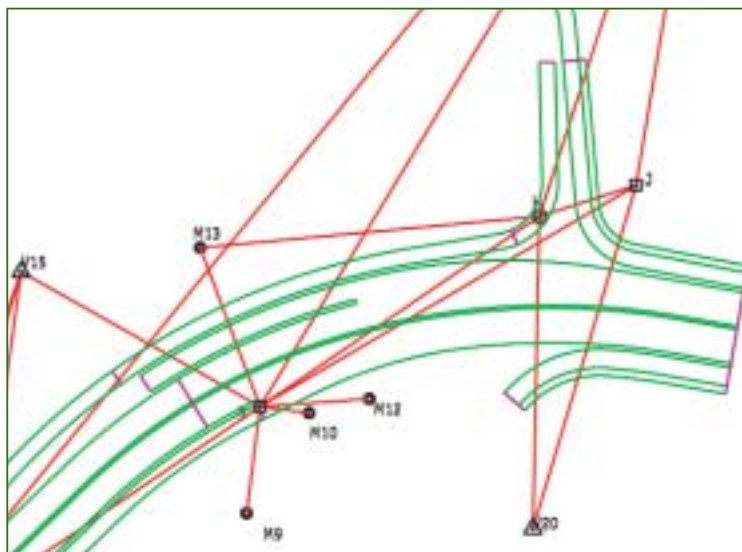


Рис. 2
Фрагмент схемы геодезической опорной сети

ходимые геометрические сведения по объекту и за короткое время составить рабочую схему для строителей. Подготовка исполнительных схем также значительно ускорялась за счет использования шаблонов и схем.

Непосредственно на строительной площадке была создана САПР по подготовке разбивочных чертежей и составлению исполнительных схем. В качестве базового программного обеспечения использовался AutoCAD (Autodesk Corp., США). Исходные рабочие чертежи вводились в память компьютера непосредственно с магнитных носителей или по данным, получаемым по электронной почте. Для удобства работы были созданы плановые цифровые модели конструкций и сооружений, на основании которых готовилась полевая разбивочная документация. Обычно в бумажном виде выпускалась только разбивочная схема с номерами выносимых точек, а их координаты напрямую записывались либо в прибор, либо на карту памяти. Таким образом исключались грубые ошибки, возникающие при занесении данных в прибор вручную.

Результаты полевых измерений, представляемые в виде координат, сохранялись в приборе в полуавтоматическом режиме.

Точки нумеровались автоматически с первого введенного геодезистом номера. Имелась возможность ввода краткого примечания для каждой точки. В память приборов также были занесены координаты пунктов обоснования, что ускоряло процесс ориентирования прибора на пункте. При установке прибора в произвольном месте часто использовались внутренние программы тахеометра для определения координат методом обратной угловой и линейной засечки.

Опыт работы с электронными тахеометрами Торсон подтвердил высокую точность измерений и безотказность прибора в работе. К сожалению, в тахеометрах отсутствовала возможность частичного свободного программирования специфических геодезических задач, поэтому требовалось применение микрокалькулятора.

В связи с наличием в комплекте прибора карты памяти не нужно было снимать тахеометр с точки стояния и возвращаться на базу. Геодезист, отсняв один участок работ, передавал карту с данными в камеральную группу, продолжая работу на другом участке. После обработки полевых материалов полученные результаты сразу передавались в работу строителям, а карта памяти с

новыми разбивочными данными возвращалась полевой бригаде для продолжения работ. Отдельные исходные данные или данные измерений передавались по рациям, которые имелись у полевых исполнителей и в камеральной группе.

При камеральной обработке по измеренным координатам в компьютере создавался файл в форматах TXT или XYZ (в ASCII кодах). Документ открывался в программе Excel с автоматическим делением по столбцам номеров пикетов, координат и высот. Далее выполнялась первичная обработка результатов, включающая сортировку — деление разных участков съемок по номерам и примечаниям, удаление вспомогательных точек и ввод необходимых поправок. Затем в большинстве случаев проводилось нанесение пикетов на чертеж, вычерчивание необходимых контуров по снятым пикетам, расчет и нанесение проектных или фактических отметок данных точек или их отклонений от проекта.

По всем эстакадам в Excel составлялись специальные расчетные программы, позволяющие по координатам точек определять их проектные отметки. По пикетажу, геометрическим параметрам оси эстакады и поперечному уклону программа вычисляла проектные высоты по поверхности низа пролетного строения или верха дорожного покрытия. Отталкиваясь от этих отметок, получали другие проектные высоты в данных точках, например, верх пролетного строения или низ крыла. Обработка объемной площадной съемки в несколько десятков пикетов занимала считанные минуты. Координаты и высоты пересылали из прибора в компьютер, заносили в программу. Далее вычисляли проектные высотные отметки, получали отклонения или значения дополнительных замеров относительно фактических отметок и в табличном виде выпускали результаты съемки. Это позволяло избегать жесткой привязки к проектным

поперечникам, приводимым обычно в проекте и рассекающим через определенное расстояние пролетное строение. Не нужно было затрачивать время на расчет проектных высот точек, если они не были предварительно нанесены, а затем сняты четко по поперечникам.

Графические построения, чертежные и аналитические работы велись в программе AutoCAD. Кроме того, для ускорения процесса и прямой связи между Excel и AutoCAD геодезистами компании «ЭЛГАД» были созданы программные модули на базе прикладных языков программирования Visual LISP и Visual Basic, а на панелях инструментов программ предусмотрены соответствующие командные кнопки. Таким образом процесс нанесения на чертеж нескольких десятков пикетов занимал считанные секунды. Соответственно на план наносились номера пикетов, отметки, превышения или примечания.

Для подготовки разбивочных данных также была создана специальная программа. В плановой цифровой модели конструкции в AutoCAD после запуска данной программы геодезист указывал необходимые разбивочные точки. Автоматически создавался файл со списком координат этих точек, который, в свою очередь, переносился напрямую в прибор или на карту памяти. Полевой бригаде передавалась разбивочная схема с указанными точками и их номерами.

Самые точные и ответственные работы были связаны с передвижками эстакад. Перед каждой передвижкой в компьютере моделировалось положение секции до и после передвижки. Выписывались геометрические параметры передвижки данной секции: радиусы контрольных точек на «носу» и на «хвосте» надвигаемой эстакады, длина пути, который необходимо пройти и др. При передвижке геодезист периодически должен был наблюдать за перемещением секции, по измерениям контрольных точек определяя боковые

смещения конструкции, и вводить коррективы в действия строителей. Определялось отклонение точек от оси, которое теоретически должно было быть постоянным во времени и после передвижки. При прямолинейной передвижке вычислялись отклонения от прямой, параллельной оси передвижки, при криволинейной — отклонения от дуги окружности. Строители, в свою очередь, могли повлиять на движение эстакады, подкладывая или убирая боковые упоры и телом пролета. Наиболее ответственным был заключительный участок передвижки, на последних метрах которого измерения проводились почти непрерывно. Боковые смещения надвигаемого пролета сводили к минимуму, торцы пролетного строения занимали проектное положение.

Установке слайдингов в проектное положение также уделялось серьезное внимание. Тумба слайдинга имела три подъемных винта, которыми она точно выводилась в проектное положение. Было необходимо с высокой точностью выставлять слайдинг весом 100 кг в режиме реального времени, т. е. малыми передвижками с периодическими измерениями, пока поверхность слайдинга не займет проектное положение с точностью до 1 мм по высоте и 2 мм в плане.

Благодаря разработанной технологии подготовки и использования геодезической информации и организации работ удалось обеспечить строительство в чрезвычайно короткие сроки.

RESUME

Building company «ELGAD» at 1999–2001 have built in Moscow 18 concrete overpasses (3025 m). Construction built by technology of cyclical longitudinal shifting. There were used advanced technologies of construction along with progressive technologies in geodetic service. In this article described new technological and organizational methods of work of geodetic department at high constructional requirements of present days.