

При равнооточном построении углов засечки, т. е. при  $m_\alpha = m_\beta$  вместо (13) и (14) имеем

$$m_R^2 = 2R^2 \sin^2 2\beta m_\beta^2, \quad (15)$$

$$m_R^2 = R^2 (\cos 4\beta + 3) m_\beta^2. \quad (16)$$

Полученная формула (15) вполне объясняет результаты [2] практического испытания способа угловой засечки при разбивке круговой кривой (в частности высокую точность способа). Согласно этой формуле при разбивке кривой радиуса  $R=100$  м через интервал 10 м угловой засечкой с двух точек с погрешностями построения углов засечки  $m_\alpha = m_\beta = \pm 30''/\sqrt{2}$  ожидаемая погрешность  $m_R$  выноса первой точки кривой должна быть  $\pm 0,002$  м второй —  $\pm 0,003$  м, третьей —  $\pm 0,004$  м, четвертой —  $\pm 0,006$  м пятой —  $\pm 0,007$  м. При практическом испытании способа на этой кривой мы получили осредненное значение  $m_R = \pm 0,01$  м [2], что удовлетворительно согласуется с предвычисленными значениями  $m_R$ , если учесть, что погрешность фиксирования выносных точек на эталонной кривой составляет  $\pm 0,005$  м.

Сказанное выше позволяет считать способ угловой засечки эффективным способом детальной разбивки круговых кривых и рекомендовать его для применения при разбивке закруглений.

**Список литературы:** 1. Ганшин В. Н., Хренов Д. С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. — Киев: Будівельник, 1974. 2. Гожий А. В. Журналь А. А., Туряница И. Д. Результаты практического сравнения различных способов детальной разбивки круговой кривой. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1979, вып. 30. 3. Гожий А. В. Общепринятый метод оценки точности детальной разбивки круговой кривой различными способами. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1982, вып. 36. 4. Прицалов И. И. Аналитическая геометрия. — М.: Физматгиз, 1963. 5. Черных В. И., Меламуд И. Г. Разбивка круговых кривых способом засечек. — Транспортное строительство, 1958, № 1.

Статья поступила в редакцию 5.05.

УДК 528.489:625.78:621.396

А. П. ДЕВЯТНИКОВ, А. И. ДЕРБАЛ

## О ПРИМЕНЕНИИ РАДИОУСТРОЙСТВ ПРИ СЪЕМКЕ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИИ

Для ускоренного развития топографо-геодезического производства, повышения эффективности и качества работ необходимо поэтапная автоматизация всех процессов топографических съемок в том числе съемок подземных коммуникаций (СПК) [2, 4].

В процессе полевых работ на первом этапе предусматривается традиционное ведение журналов, приспособленных для обработки на ЭВМ, на втором — использование полевых перфораторов и считывающих устройств и на третьем — автоматизированная

автоматическая регистрация измеренных электронными тахеометрами данных. В процессе камеральных работ обрабатываются полевые измерения на ЭВМ, воспроизводятся картографические изображения в графической или цифровой форме на автоматических координатографах (АК) и вручную дорабатываются составительский оригинал [2].

Однако полевые перфораторы не получили широкого распространения вследствие недостаточной экономической эффективности и ограниченного их числа [2], электронные тахеометры в сочетании с тахеометрической съемкой не могут обеспечить значительного повышения производительности труда, а цифровая тахеометрия является даже менее эффективной по сравнению с графическими методами съемки [5].

Учитывая также то, что проектно-языкательские организации, в основном, находятся на первом этапе автоматизации, ощущают нехватку кадров и еще недостаточно оснащены новейшими приборами, приходится искать другие пути механизации и автоматизации проектно-языкательских работ. В поисках этих путей главной роль может сыграть научная организация труда, совершенствование применяемых приборов и широкое внедрение радионавигаторских предложений.

Перспективным является использование портативных диктофонов (магнитофонов), радиостанций и телекамер. Некоторые результаты использования этих устройств в СССР и за рубежом на ряде топографо-геодезических, проектно-языкательских и строительных работ описаны в [1, 2, 6, 8—12]. Что касается СПК, то для детального обследования колодезей и определения планово-высотного положения их элементов диктофон собственной конструкции применит в середине 60-х годов А. Н. Тихонов [8].

О положительных результатах экспериментов с портативными магнитофонами и радиостанциями во Львовском филиале института Укржелездорпроект неоднократно сообщалось на заседаниях ЛьвоваГО, на совещании-семинаре «Научно-технический прогресс в области топографо-геодезических работ» (Львов, 1980 г.) и в [3].

Для записи результатов полевых измерений применяются переоборудованные портативные кассетные магнитофоны типа «Легенда» и «Спутник» с микрофонами типа ДМШ. Так как выключатели этих магнитофонов не могут выдерживать работу в стартовом режиме (только на одном объекте производится 2—3 тыс. включений-выключений), поэтому лентопротяжной механизм включен постоянно, а включение-выключение питания производится кнопкой, выведенной с помощью отдельного провода на ручку исполнителя. Запись производится на минимальной скорости 2,38 см/с в определенном дикторском темпе и, для некоторых видов работ в строго установленной последовательности, что связано с последующей обработкой результатов измерений на ЭВМ. Например, порядок операций при тахеометрической съемке следующий:

1. Включить магнитофон.
2. Продиктовать: «Начало станции N, исходное направление, отметка станции, высота прибора, номер пикета, название объекта наведения, расстояние или горизонтальное проложение, горизонтальный угол, вертикальный угол или превышение».
3. Выключить магнитофон.
4. Навести на следующий пикет и повторить пункты 1, 2 (с номера пикета и до конца) и 3. После записи данных последнего пикета в конце пункта 2 продиктовать: «Конец станции N мину два нуля» и выполнить пункт 3.

Одной кассеты (тип МК-60) хватает на 60 мин непрерывной работы. По окончании полевых работ, кассеты с фонограммами передаются в камеральную группу, где содержащаяся на них информация перфорируют и по известным программам обрабатывают на ЭВМ «Минск-32». Выданная ЭВМ печатная информация вают на ЭВМ «Минск-32». Выданная ЭВМ печатная информация служит для составления топографических планов и как отчетный документ при сдаче объекта. После составления планов и полевого контроля работ магнитофонов отпала необходимость вести журнал.

С применением магнитофонов отпала необходимость вести журнал, появилась возможность сократить полевую бригаду до двух человек (исполнитель работ, который одновременно ведет абрис съемки и запись результатов измерений на магнитную ленту, и речник), а также уменьшилось время выполнения всего комплекса работ.

К недостаткам магнитофонов следует отнести ненадежность переключателей, небольшую продолжительность работы автономных источников питания, недостаточную помехозащищенность и искажение звука вследствие колебания скорости ленты (детонации). Кроме того, для магнитных лент очень вредно продолжительное воздействие температуры выше 30°С (основа ленты выдыхает, становится хрупкой и рвется), ниже 0°С и повышенной влажности, которые вызывают ее коробление. Учитывая выше сказанное, магнитофон следует оберегать от прямых солнечных лучей летом и утеплять зимой. Что касается фонограмм, то их следует хранить в металлических коробках, чтобы уберечь от воздействия магнитных полей электрических и радиотехнических устройств во избежание повреждения записи и усиления помех от копирэфекта [7].

Логическим продолжением экспериментов было использование наряду с магнитофонами портативных радиостанций типа «Днепр» или «Тюльпан» и «Какутс».

Опыт показывает, что съемку участков целесообразно выполнять бригадой в составе исполнителей полевых и камеральных работ и речника, которые наряду с геодезическими приборами оснащены тремя радиостанциями, магнитофоном и микрокалькулятором БЗ-18М. Причем у исполнителя полевых работ выключатель радиостанции и магнитофона совмещены.

Перед началом работ необходимо проверить радиослышимость между исполнителями полевых и камеральных работ и речником

со всех намеченных точек планово-высотного обоснования, так как возможны зоны неслышимости. При обнаружении такой зоны точку следует сменить. В процессе работы исполнитель полевых работ ведет абрис съемки, руководит речником, записывает результаты измерений на магнитофонную ленту и одновременно передает их исполнителю камеральных работ, который, находясь в зоне радиослышимости, тут же производит составление плана. Хорошие результаты дает периодическая взаимозаменяемость между исполнителями полевых и камеральных работ, чем достигается высокая достоверность и точность съемки. Применение радиостанций себя оправдало и тогда, когда речник не обладает достаточным опытом работы. В случае наличия в проектно-высотной работе АК отпадает необходимость выполнять в полевых условиях составление планов и, следовательно, наличие бригаде исполнителя камеральных работ.

Применение портативных магнитофонов и радиостанций апробировано на следующих видах топографо-геодезических и проектно-высотных работ: инвентаризационная СПК (рекогносцировка, частичное и детальное обследование, определение планово-высотного положения), геодезическая и тахеометрическая съемка, горизонтальная съемка застроенных территорий и нивелирование. Их еще можно применять при съемке туннелей (коллекторов) и при маршейдерских работах.

Годовой экономический эффект только от применения радиостанций составил 16000 рублей. Достаточно сказать, что съемка железнодорожной станции третьего класса в масштабе 1:1000 площадью 18 га с вычерчиванием поперечников и согласованием правильности нанесения подземных коммуникаций была выполнена на 280 человеко-часов при норме 337 человеко-часов. Экономия времени составила 17%. Необходимо отметить, что с появлением у исполнителей опыта результаты значительно улучшаются.

Таким образом, несмотря на полученные положительные результаты, внедрение указанных устройств в производственные работы без централизованного решения следующих вопросов: конструирования и серийного производства портативных диктофонов и радиостанций специально для топографо-геодезических работ; выделения специального диапазона частот для обеспечения топографо-геодезических работ.

Список литературы: 1. *Авдюквич В. К.* Организация радиосвязи на топографо-геодезических и геологических работах. — М.: Недра, 1965. 2. *Болото А. В.* Методы и средства автоматизации топографических съемок. — М.: Недра, 1980. 3. *Деятельность А. Д.* Прогрессивные методы топографо-геодезических съемок. — Экспресс-информация ЦНИИЭИ МПС. Сер. Проектирование, 1981, вып. 1. 4. *Дербад А. И.* К вопросу о технологической схеме съемки подземных коммуникаций. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1983, вып. 37. 5. *Клиге В.* Автоматизация создания крупномасштабных карт. — Геодезия и картография, 1980, № 1. 6. *Лаврова И. А.* Приборы для геодезических измерений в строительстве: Обзор. М.: ЦНИИС Госстроя СССР, 1974. 7. *Спиринчик Р.* Радиолокатор-конструктор / Под ред. Р. М. Малгина. — М.: Энергия, 1973. 8. *Тахонцов А. Н.* Применение диктофона при городских геодезических работах. — Инженерная геодезия, 1966, вып. 3. 9. *Устивич Г. А.* Применение

телевидения для геодезических измерений. — Геодезия и картография, 1980, № 2. 10. *Herda M.* Rozhládky k použití magnetofonu pro záznam měřičských hod. — Geodetický a kartografický obzor, 1965, № 7. 11. *Roesch O.* Emetteur — récepteur portatif : Un outil de travail utile et rentable. — Géométrie, 1981, v. 124, № 4. 12. *Solonič A.* L'utilisation du magnétophon par la brigade de levé. — Géométrie, 1962, v. 105, № 9.

Статья поступила в редакцию 16.05.83

УДК 528.536:528.115.001.5

В. Г. КИРИЛЛОВ

### О ВЛИЯНИИ ОШИБОК ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ НА ТОЧНОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

В [3] было показано, что элементы матрицы  $A$  преобразования пространственных прямоугольных координат можно определить из решения уравнения

$$A = \frac{1}{m} B' B^{-1}, \quad (1)$$

где  $m$  — масштабный множитель;

$$B = \begin{pmatrix} X_2 - X_1 & X_3 - X_2 & X_4 - X_3 \\ Y_2 - Y_1 & Y_3 - Y_2 & Y_4 - Y_3 \\ Z_2 - Z_1 & Z_3 - Z_2 & Z_4 - Z_3 \end{pmatrix};$$

$$B = \begin{pmatrix} X_2 - X_1 & X_3 - X_2 & X_4 - X_3 \\ Y_2 - Y_1 & Y_3 - Y_2 & Y_4 - Y_3 \\ Z_2 - Z_1 & Z_3 - Z_2 & Z_4 - Z_3 \end{pmatrix};$$

$B^{-1}$  — матрица, обратная  $B$ .

В (1) координаты в новой системе выражены через  $X_i', Y_i', Z_i'$ , а в старой — через  $X_i, Y_i, Z_i$ .

Определенные элементы  $a_{ij}$  матрицы  $A$  по (1) сводятся к вычислению определителей, например

$$a_{12} = \frac{\begin{vmatrix} X_3 - X_1 & X_3 - X_2 & X_4 - X_3 \\ X_2 - X_1 & X_3 - X_2 & X_4 - X_3 \\ Y_2 - Y_1 & Y_3 - Y_2 & Y_4 - Y_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} X_2 - X_1 & X_3 - X_2 & X_4 - X_3 \\ Y_2 - Y_1 & Y_3 - Y_2 & Y_4 - Y_3 \\ Z_2 - Z_1 & Z_3 - Z_2 & Z_4 - Z_3 \end{vmatrix}}.$$

После преобразований из (1) получим

$$a_{11} = \left( 1 + \frac{\begin{vmatrix} d\Delta X_{12} & d\Delta X_{23} & d\Delta X_{34} \\ \Delta Y_{12} & \Delta Y_{23} & \Delta Y_{34} \\ \Delta Z_{12} & \Delta Z_{23} & \Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{\Delta} \right) \frac{1}{m};$$

$$a_{12} = \left( \frac{\begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta X_{23} & \Delta X_{34} \\ d\Delta X_{12} & d\Delta X_{23} & d\Delta X_{34} \\ \Delta Z_{12} & \Delta Z_{23} & \Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{m \cdot \Delta} \right);$$

$$a_{13} = \frac{\begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta X_{23} & \Delta X_{34} \\ \Delta Y_{12} & \Delta Y_{23} & \Delta Y_{34} \\ d\Delta X_{12} & d\Delta X_{23} & d\Delta X_{34} \end{vmatrix}}{m \cdot \Delta}; \quad a_{21} = \frac{\begin{vmatrix} d\Delta Y_{12} & d\Delta Y_{23} & d\Delta Y_{34} \\ \Delta Y_{12} & \Delta Y_{23} & \Delta Y_{34} \\ \Delta Z_{12} & \Delta Z_{23} & \Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{m \cdot \Delta};$$

$$a_{22} = \left( 1 + \frac{\begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta X_{23} & \Delta X_{34} \\ d\Delta Y_{12} & d\Delta Y_{23} & d\Delta Y_{34} \\ \Delta Z_{12} & \Delta Z_{23} & \Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{\Delta} \right) \frac{1}{m};$$

$$a_{23} = \frac{\begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta X_{23} & \Delta X_{34} \\ \Delta Y_{12} & \Delta Y_{23} & \Delta Y_{34} \\ d\Delta Z_{12} & d\Delta Z_{23} & d\Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{m \cdot \Delta};$$

$$a_{31} = \frac{\begin{vmatrix} d\Delta Z_{12} & d\Delta Z_{23} & d\Delta Z_{34} \\ \Delta Y_{12} & \Delta Y_{23} & \Delta Y_{34} \\ \Delta Z_{12} & \Delta Z_{23} & \Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{m \cdot \Delta}; \quad a_{32} = \frac{\begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta X_{23} & \Delta X_{34} \\ d\Delta Z_{12} & d\Delta Z_{23} & d\Delta Z_{34} \\ \Delta Z_{12} & \Delta Z_{23} & \Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{m \cdot \Delta};$$

$$a_{33} = \left( 1 + \frac{\begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta X_{23} & \Delta X_{34} \\ \Delta Y_{12} & \Delta Y_{23} & \Delta Y_{34} \\ d\Delta Z_{12} & d\Delta Z_{23} & d\Delta Z_{34} \end{vmatrix}}{\Delta} \right) \frac{1}{m}, \quad (2)$$

где  $d\Delta X, d\Delta Y, d\Delta Z$  — разности приращений координат в новой и старой системах;  $\Delta = \det(B)$ . Формулы (2), как и (1), можно использовать при любых углах поворота одной системы координат относительно другой.

В [2] показано, что погрешности замены ортогональной матрицы косинусметрической при преобразовании не превысят 1 м, если углы  $\varphi, \epsilon, \omega$  между осями координат будут менее 1'. В этом случае ортогональную матрицу можно заменить косинусметрической, т. е. трансформировать координаты по упрощенной формуле