

В таблице приведены значения коэффициентов затухания на профилях Львов—Ужгород, Минск—Львов, которые получены как средние значения из  $n$  записей:  $\alpha_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}$ .

Анализ результатов вычислений показывает, что значения эффективных коэффициентов затухания одинакового порядка как на профиле Львов—Ужгород, так и на профиле Минск—Львов и составляют  $0,5 \dots 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ км}^{-1}$ . На профиле Львов—Ужгород наблюдается относительно увеличение значений коэффициента затухания с увеличением частоты. На профиле Минск—Львов отмечается относительно увеличение коэффициента затухания в диапазоне периодов  $T=23 \dots 29 \text{ с}$ .

Относительное увеличение коэффициентов затухания на профиле Львов—Ужгород для более высокочастотных колебаний возможно объяснить большим затуханием короткопериодных сейсмических волн при их прохождении в верхних частях земной коры Карпат, которая характеризуется значительной неоднородностью строения. По другим данным получены приблизительно такие же значения коэффициентов затухания для поверхностных волн  $\alpha = 1,2 \dots 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ км}^{-1}$  [4]; для Карпато-Балканского региона по объемным волнам для глубин  $350 \dots 2000 \text{ км}$   $\alpha = 3,0 \dots 5,0 \times 10^{-4} \text{ км}^{-1}$  [3].

Список литературы: 1. Андрианова З. С., Кейлис-Борок В. И., Левшин А. И. и др. Поверхностные волны Лява. — М.: Наука, 1965. 2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. — М.: Наука, 1973. 3. Кулис В. В. Оценка эффективных коэффициентов поглощения Р-волн в оболочке Земли. — В кн.: Геофизика. АН УССР, 1972, вып. 46, 4. Проскуракова Т. А., Новотны О. Изучение строения Земли методом поверхностных волн. — М.: Наука, 1981. 5. Саваренский Е. Ф. Сейсмические волны. — М.: Недра, 1972. 6. Сейсмологический бюллетень за 1970—1976 гг. — М.: АН СССР, 1970—1976.

Статья поступила в редакцию 16.05.83

УДК 625.724:528.486

А. В. ГОЖИИ

## О ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЬНОЙ РАЗБИВКИ КРУГОВОЙ КРИВОЙ СПОСОБОМ УГЛОВОЙ ЗАСЕЧКИ

Ранее мы формулировали общий принцип оценки точности детальной разбивки круговой кривой и получили формулы для оценки точности разбивки способами прямоугольных координат, полярных координат и линейно-угловой засечки [3]. Цель настоящей работы — на основе общего принципа получить формулы для оценки точности детальной разбивки круговой кривой спосо-

бом угловой засечки и установить практические достоинства последнего.

При разбивке закругленный способ угловой засечки применяется редко, несмотря на то что он обладает весьма ценными качествами [5]. В частности, этот способ не требует выполнения линейных измерений, что делает его весьма эффективным при детальной разбивке кривых на участках, где линейные измерения затруднены (сильно пересеченная местность, насыпи, косогоры, выемки и т. п.). Способ угловой засечки позволяет осуществлять вынос точек кривой в натуре не только с концов базиса «начало кривой — конец кривой», но и из любых двух других точек кривой, что допускает, в случае необходимости, деление всей кривой в процессе разбивки на любое число частей. Применение способа не связано с необходимостью составления специальных таблиц для определения углов засечки, поскольку последние будут изменяться кратко значению центрального угла, ступиваемого дугой детальной разбивки  $k$ , который можно выбрать из таблицы 1.3, приведенной в [1]. Разбивка кривой способом угловой засечки возможна как с двух концов базиса одновременно (тогда потребуются три исполнителя работ и два угломерных инструмента), так и с каждого конца в отдельности с временным укреплением створа линии визирувания в окрестности выносимой точки (тогда можно обойтись одним инструментом и двумя исполнителями). Наконец, рассматриваемый способ можно применять в сочетании с другими способами разбивки кривой.

Слабое распространение способа скорее всего можно объяснить тем, что в процессе построения круговых кривых в подавляющем большинстве случаев углы засечки малы, а угол при точке засечки может быть близким к  $180^\circ$ , и, соответственно, есть основание полагать, что ожидаемая точность определения планового положения выносимой точки будет невысокой. Однако практическое сравнение точности построения круговой кривой различными способами показало, что точность построения кривой способом угловой засечки несколько не хуже точности построения ее любыми другими способами [2]. Объяснить такую ситуацию можно следующим образом.

Плановое положение точки, выносимой в натуре угловой засечкой с двух опорных точек, в одном из двух взаимноперпендикулярных направлений действительно определяется не совсем надежно, если угол при точке засечки близок к  $180^\circ$ . Однако качество построения собственно круговой кривой в данной точке в первую очередь зависит от погрешности  $\delta R$  построения ее радиуса, тогда как погрешность, действующая в перпендикулярном к радиусу направлении (погрешность, нарушающая равенство интервалов детальной разбивки  $\delta k$ ), имеет второстепенное значение. А погрешность  $\delta R$  будет минимальной именно тогда, когда угол при точке засечки близок  $180^\circ$ , т. е. когда углы засечки  $\alpha$  и  $\beta$  малы или даже близки к нулю. Чтобы получить формулы для подсчета погрешности  $\delta R$  (и соответствующей средней квадратической по-

грешности построения радиуса  $m_n$ ), а также погрешности  $\delta k$  (и соответственно  $m_n$ ), обратимся к рисунку.

Как видно из рисунка и как следует из общеро принципа [3], погрешности  $\delta R$  и  $\delta k$  можно связать с погрешностями  $\delta a$  и  $\delta \beta$  построения углов засечки  $a$  и  $\beta$  следующим путем:

1. По заданным значениям погрешностей  $\delta a$  и  $\delta \beta$  получить погрешности  $\delta x^\circ$  и  $\delta y^\circ$  прямоугольных координат точки  $n$  в системе координат  $X^\circ O Y^\circ$ .

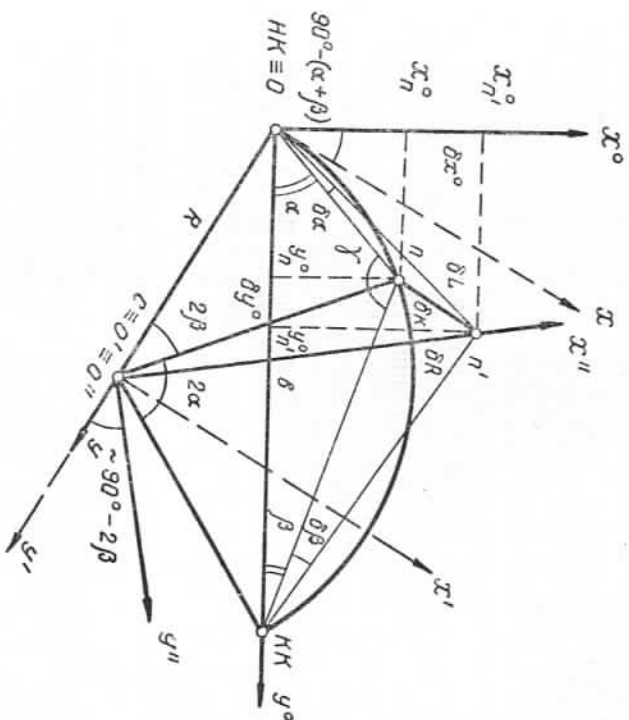


Схема расположения точки, определяемой угловой засечкой, в различных системах прямоугольных координат:

$\alpha, \beta$  — углы засечки;  $n$  — выносимая точка круговой кривой радиуса  $R$  с кондов базиса  $b$ , совмещенная с началом ( $HK$ ) и с кондом ( $KU$ ) кривой;  $\gamma$  — угол при точке засечки;  $Ox^\circ$  — направление тингеса кривой;  $C$  — центр кривой;  $n'$  — фактическое положение точки  $n$ ;  $\delta L$  — общая погрешность планового положения выносимой точки;  $\delta R$  — погрешность построения радиуса в точке  $n$ ;  $\delta k$  — погрешность равенства интегральной разбивки.

2. Перейти от погрешностей  $\delta x^\circ$  и  $\delta y^\circ$  к аналогичным погрешностям  $\delta x$  и  $\delta y$  в системе координат  $XOY$ , которая повернута по отношению к системе  $X^\circ O Y^\circ$  на угол  $90^\circ - (\alpha + \beta)$  по ходу часовой стрелки.

3. Перейти от погрешностей  $\delta x$  и  $\delta y$  к погрешностям  $\delta x'$  и  $\delta y'$  в системе  $X'OY'$ , которая смещена по отношению к системе  $XOY$  на расстояние  $+R$  вдоль оси  $X$ .

4. Преобразовать погрешности  $\delta x'$  и  $\delta y'$  в погрешности  $\delta x'' = \delta R$  и  $\delta y'' \approx \delta k$  в системе координат  $X''O'Y''$ , которая повернута по отношению к системе  $X'OY'$  на угол  $90^\circ - 2\beta$  против хода часовой стрелки.

Получим указанным путем формулы для определения погрешностей  $\delta R$  и  $\delta k$ .  
Как известно, прямоугольные координаты  $x^\circ$  и  $y^\circ$  точки  $n$  можно вычислить по таким формулам:

$$\begin{aligned} x^\circ &= 2R \sin \alpha \sin \beta, \\ y^\circ &= 2R \cos \alpha \sin \beta. \end{aligned} \quad (1)$$

Продифференцировав их по переменным  $\alpha$  и  $\beta$ , имеем

$$\begin{aligned} \delta x^\circ &= 2R \cos \alpha \sin \beta \delta \alpha + 2R \sin \alpha \cos \beta \delta \beta, \\ \delta y^\circ &= -2R \sin \alpha \sin \beta \delta \alpha + 2R \cos \alpha \cos \beta \delta \beta. \end{aligned} \quad (2)$$

Поскольку система координат  $XOY$  по отношению к системе  $X^\circ O Y^\circ$  повернута на угол  $90^\circ - (\alpha + \beta)$  по ходу часовой стрелки, то на основе известных формул преобразования плоских координат [4] можно записать, что

$$\begin{aligned} \delta x &= \delta y^\circ \cos(\alpha + \beta) + \delta x^\circ \sin(\alpha + \beta), \\ \delta y &= \delta y^\circ \sin(\alpha + \beta) - \delta x^\circ \cos(\alpha + \beta). \end{aligned} \quad (3)$$

Если здесь учесть приведенные выше выражения для  $\delta x^\circ$  и  $\delta y^\circ$  и сделать простые преобразования, то (5) и (6) легко привести к такому виду:

$$\begin{aligned} \delta x &= 2R \sin^2 \beta \delta \alpha + 2R \cos^2 \beta \delta \beta, \\ \delta y &= R \sin 2\beta \delta \beta - R \sin 2\beta \delta \alpha. \end{aligned} \quad (4)$$

Так как по отношению к системе координат  $XOY$  система  $X'OY'$  сдвинута вдоль оси  $X$  на величину  $+R$ , т. е.  $x' = x$  и  $y' = y - R$ , то  $\delta x' = \delta x$  и  $\delta y' = \delta y$ .

Наконец, система координат  $X''O'Y''$  повернута по отношению к системе  $X'OY'$  на угол  $\sim 90^\circ - 2\beta$  против хода часовой стрелки, и в этой системе  $\delta x'' = \delta R$ , а  $\delta y'' \approx \delta k$ . Следовательно,

$$\begin{aligned} \delta R &= -\delta y' \cos 2\beta + \delta x' \sin 2\beta, \\ \delta k &= \delta y' \sin 2\beta + \delta x' \cos 2\beta. \end{aligned} \quad (5)$$

или с учетом значений  $\delta x'$  и  $\delta y'$

$$\begin{aligned} \delta R &= R \sin 2\beta \delta \alpha + R \sin 2\beta \delta \beta, \\ \delta k &= 2R \cos^2 \beta \delta \beta - 2R \sin^2 \beta \delta \alpha. \end{aligned} \quad (6)$$

В соответствии с этими зависимостями формулы для определения средних квадратических погрешностей построения радиуса кривой  $m_R$  и равенства интервалов разбивки  $m_k$  по заданным средним квадратическим погрешностям  $m_\alpha$  и  $m_\beta$  построения углов засечки можно представить в таком виде:

$$\begin{aligned} m_R^2 &= R^2 \sin^2 2\beta m_\alpha^2 + R^2 \sin^2 2\beta m_\beta^2, \\ m_k^2 &= 4R^2 \cos^4 \beta m_\alpha^2 + 4R^2 \sin^4 \beta m_\beta^2. \end{aligned} \quad (7)$$

При равнооточном построении углов засечки, т. е. при  $m_a = m_r$ , вместо (13) и (14) имеем

$$m_a^2 = 2R^2 \sin^2 2\beta m_r^2, \quad (15)$$

$$m_a^2 = R^2 (\cos 4\beta + 3) m_r^2, \quad (16)$$

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  $m_a = m_r = \pm 30''\sqrt{2}$  ожидаемая погрешность  $m_n$  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  $m_n = \pm 0,01$  [2], что удовлетворительно согласуется с предвычисленными значениями  $m_n$ , если учесть, что погрешность фиксирования выносимых точек на эталонной кривой составляла  $\pm 0,005$  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. Ганишин В. Н., Хренов Л. С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. — Киев: Будівельник, 1974. 2. Гожий А. В. Журналь А. Д., Туряница И. Д. Результаты практического сравнения различных способов детальной разбивки круговой кривой. — Геодезия, картография и аэрофотогеодезия, 1979, вып. 30. 3. Гожий А. В. Общепринятые оценки точности детальной разбивки круговой кривой различными способами. — Геодезия, картография и аэрофотогеодезия, 1982, вып. 36. 4. Привадов Н. И. Анализ сква геометрии. — М.: Физматлит, 1963. 5. Черныш В. И., Мезамид Я. Г. Разбивка круговых кривых способом засечки. — Транспортивное строительство, 1958, №

Статья поступила в редакцию 5.05.

УДК 528.489:625.78:021.396

А. Д. ДЕВЯТИРИКОВ, А. И. ДЕРБАЛ

## О ПРИМЕНЕНИИ РАДИОУСТРОЙСТВ ПРИ СЪЕМКЕ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИИ

Для ускоренного развития топографо-геодезического производства, повышения эффективности и качества работы 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 — полуавтоматическая и

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 координаторах (АК) и вручную дорабатывается 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 главную 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 плано-высотного положения их элементов диктофон собственной конструкции применен в середине 60-х годов А. Н. Тихонов [8].

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

Для записи результатов полевых измерений применяются переработанные 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 тысячи включений-выключений), поэтому дентопротяжный механизм включен постоянно, а включение-выключение питания производится кнопкой, выведенной с помощью отдельного провода на руку исполнителя. Запись производится на минимальной скорости 2,38 см/с в определенном дикторском темпе и, для некоторых видов работ в строго установленном последовательности, что связано с последующей обработкой результатов измерений на ЭВМ. Например, порядок операций при тахеометрической съемке следующий: