

## **Гироскопическое ориентирование подземного геодезического обоснования с камеральной обработкой**

На основании письма №8-1/559 от 29.06.2015 г. ООО «qTrassa Inc.» и в соответствии с требованием технической литературы был выполнен комплекс работ по ориентированию стороны подземной полигонометрии в правом перегонном тоннеле Грибоедовской линии Московского метрополитена от ст. «Москва» до ст. «Домодедово» на ПК108+34 - ПК107+84.

### **ОПЗ10834-ПЗ10784**

Ориентирование сторон подземной полигонометрии выполнялось с помощью гиротеодолита ГиБ-3 №303318 и состояло из:

- определения поправки гиротеодолита на стороне с известным дирекционным углом (работа на поверхности);
- определения дирекционного угла ориентируемой стороны подземной полигонометрии (работа в строящемся тоннеле);
- повторного определения поправки гиротеодолита на стороне с известным дирекционным углом (работа на поверхности).

### **Методика выполнения работ**

Определение поправки гиротеодолита выполнялось до и после определения гироскопического азимута стороны подземной полигонометрии, на сторонах наземной полигонометрии:

#### **Z128-Z185 и Z185-Z128.**

Сущность определения постоянной поправки ( $\Delta$ ) состоит в определении угла между известным дирекционным углом наземной полигонометрии планового опорного обоснования и гироскопическим азимутом, определенным гиротеодолитом.

Определение гироскопического азимута сторон выполнялось в соответствии с п.8.30. ВСН 160-69, глава 6.3.2 СП 120.13330.2012 "Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003".

Определение поправки гиротеодолита производилось непосредственно на пунктах планового обоснования, а гироскопического азимута стороны подземной полигонометрии выполнялось «внецентренно», т.е. гиротеодолит устанавливался не над пунктом подземной полигонометрии, а в произвольной точке в непосредственной близости от него. При определении азимута измеряются направления на пункты полигонометрии и расстояния до них. В азимут  $A_{\text{гир(вц)}}$  вносится поправка  $\Delta A$ .

$$A_{\text{гир}} = A_{\text{гир(вц)}} \pm \Delta A$$

В результате выполненных работ были определены гироскопические азимуты сторон подземной полигонометрии:

- PZ10834-PZ10784 (прямое направление)
- PZ10784-PZ10834 (обратное направление)

Расхождения значений дирекционного угла подземной линии, определенных из нескольких ориентирований, не должны превышать 20" (п.8.58. ВСН 160-69, глава 6.3.2 СП 120.13330.2012 "Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003".

Согласно п.8.35. ВСН 160-69, глава 6.3.2 СП 120.13330.2012 "Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003", длина стороны на поверхности для определения поправки гиротеодолита должна быть не менее 100м. Длина ориентируемой стороны в подземной выработке не должна быть меньше 30м. Дирекционный угол стороны подземной полигонометрии, полученный гироскопическим ориентированием, вычисляется по формулам:

$$\alpha = A_{гир} + \Delta + \Delta\gamma,$$

$$\Delta = \alpha_{исх} - A_{гир}^*,$$

$$\Delta\gamma = \frac{\rho''}{R_m} (y_{исх} - y) \operatorname{tg} \varphi_{ср},$$

где

$\alpha$  – дирекционный угол ориентируемого направления;

$A_{гир}$  – гироскопический азимут ориентируемого направления (подземная полигонометрия);

$A_{гир}^*$  – гироскопический азимут исходного направления (наземная полигонометрия);

$\Delta$  - постоянная поправка гиротеодолита;

$\alpha_{исх}$  – дирекционный угол исходного направления (наземная полигонометрия);

$\Delta\gamma$  – поправка за сближение меридианов;

$\rho'' = 206265''$ ;

$R_m = 6370$  км - средний радиус кривизны земного эллипсоида;

$\varphi_{ср}$  – средняя широта точек стояния в месте проведения работ  $\varphi_{ср} = 55.6455^\circ$ .

Расхождение между результатами ориентирований не должно быть более 20".

Оценка точности при достаточном количестве измерений производится по разностям двойных измерений

$$m = \pm \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}},$$

где  $m$  - средняя квадратическая ошибка гироскопического азимута из одного пуска;

$d$  - разности двойных измерений;

$n$  - количество разностей.

Средняя квадратическая ошибка ориентирования равна

$$M = m \sqrt{\frac{1}{P}},$$

при этом

$$P = \frac{r}{2},$$

$P$  - вес ориентирования;

$r$  - количество независимых пар «определение поправки - ориентирование».

Свидетельство о поверке на прибор приведено в Приложении А.

## Выводы

- Расхождения между определениями азимута подземной полигонометрии, в различных пусках гироблоком №309333: 17.9" (при допуске 20");
- Расхождения между определениями азимута подземной полигонометрии в различных пусках гироблоком №309111/В: 4.6" (при допуске 20");
- Длины сторон на поверхности для определения поправки прибора:  
 $S_{(Z128-Z185)}=661.799$  м;  $S_{(Z185-Z128)}=661.799$  м;
- Длина ориентируемой стороны подземной полигонометрии:  
 $S_{(PZ10834-PZ10784)}=50.692$  м;
- Поправка гиротеодолита ( $\Delta$ ):  
 Гироблок №309333  
 $\Delta_1=90^\circ59'59.5''$  (Z128 – Z185)  
 $\Delta_2=90^\circ59'43.3''$  (Z185 – Z128)  
 Гироблок №309111/В  
 $\Delta_3=90^\circ59'47.0''$  (Z128 – Z185)  
 $\Delta_4=90^\circ59'26.2''$  (Z185 – Z128).

№ Гироблока	$\alpha_1$ (прямо)	$\alpha_2$ (обратно)	$\Delta\delta_{1,2}$	$\Delta\delta_{1,2}$ доп.
Дирекционный угол				
№309333	120°03'29.6"	300°03'11.7"	17.9"	20"
$\alpha_{PZ10834-PZ10784}$				
№309111/В	120°03'00.8"	300°02'56.2"	4.6"	20"
$\alpha_{PZ10834-PZ10784}$				

Значение дирекционного угла:

$$\alpha_{PZ10834-PZ10784} = 120^\circ03'09.6''$$

$$m_{PZ10834-PZ10784} = 6.5''$$

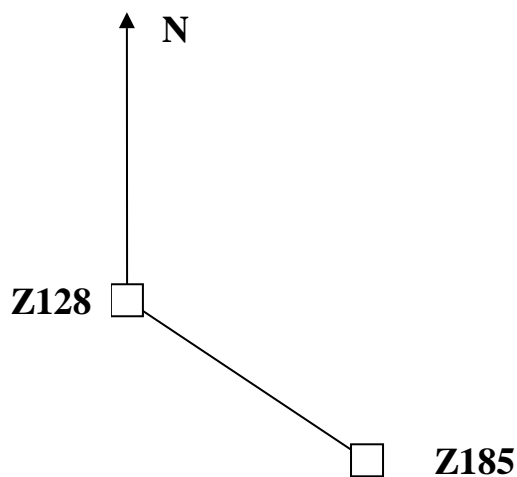
$$M_{PZ10834-PZ10784} = 4.6''$$

## Определение поправки гириблоком №309333

на базисе наземной полигонометрии

**Z128 – Z185**

(до подземного ориентирования)



$$A^*_{\text{гир}} (Z128-Z185) = 39^\circ 37' 14.6''$$

$$\alpha_{\text{исх}} (Z128-Z185) = 130^\circ 37' 14.1''$$

**Определение поправки прибора  $\Delta$ :**

$$\Delta = \alpha_{\text{исх}} - A^*_{\text{гир}}$$

**Поправка  $\Delta$**

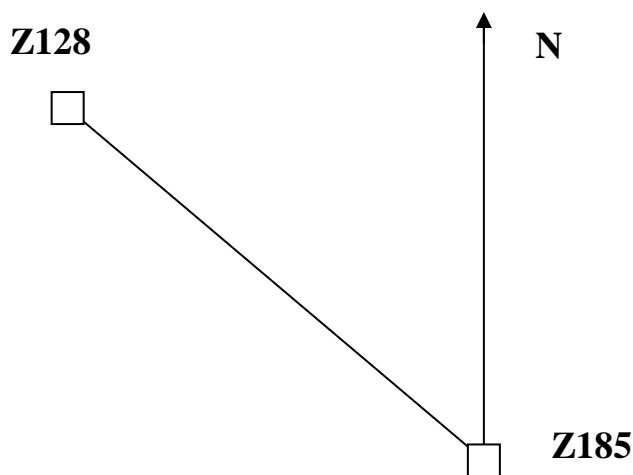
$$\Delta_I = 90^\circ 59' 59.5''$$

**Определение поправки гириблоком №309333**

**на базисе наземной полигонометрии**

**Z185 – Z128**

(после подземного ориентирования)



$$A_{\text{гир}}^* (Z185-Z128) = 219^{\circ}37'30.8''$$

$$\alpha_{\text{исх}} (Z185-Z128) = 310^{\circ}37'14.1''$$

**Определение поправки прибора  $\Delta$ :**

$$\Delta = \alpha_{\text{исх}} - A_{\text{гир}}^*$$

**Поправка  $\Delta$**

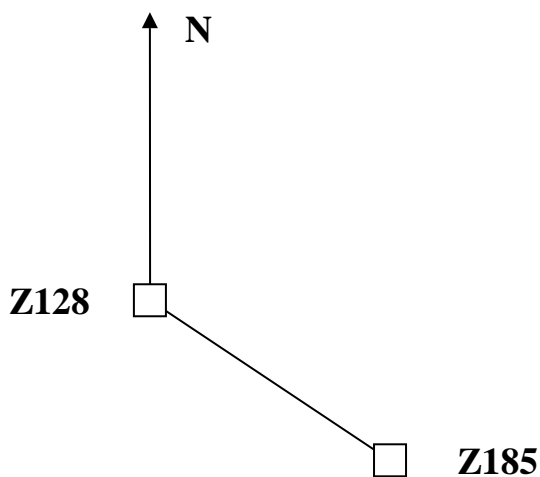
$$\Delta_2 = 90^{\circ}59'43.3''$$

## Определение поправки гириблоком №309111/В

на базисе наземной полигонометрии

**Z128 – Z185**

(до подземного ориентирования)



$$A^*_{\text{гир}} (Z128-Z185) = 39^\circ 37' 27.1''$$

$$\alpha_{\text{исх}} (Z128-Z185) = 130^\circ 37' 14.1''$$

**Определение поправки прибора  $\Delta$ :**

$$\Delta = \alpha_{\text{исх}} - A^*_{\text{гир}}$$

**Поправка  $\Delta$**

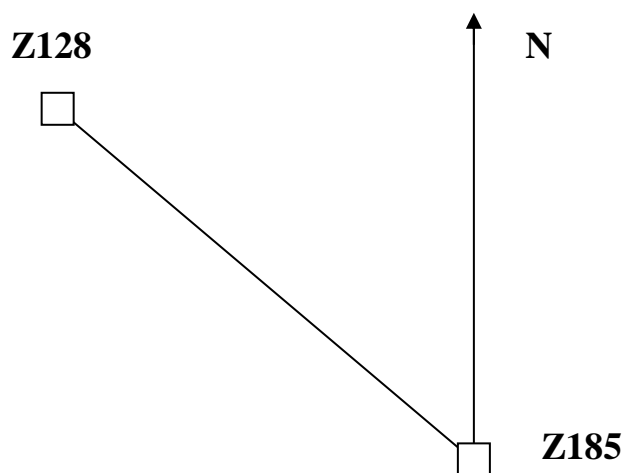
$$\Delta_3 = 90^\circ 59' 47.0''$$

**Определение поправки гириблоком №309111/В**

**на базисе наземной полигонометрии**

**Z185 – Z128**

(после подземного ориентирования)



$$A_{\text{гир}}^* (Z185-Z128) = 219^{\circ}37'47.9''$$

$$\alpha_{\text{исх}} (Z185-Z128) = 310^{\circ}37'14.1''$$

**Определение поправки прибора  $\Delta$ :**

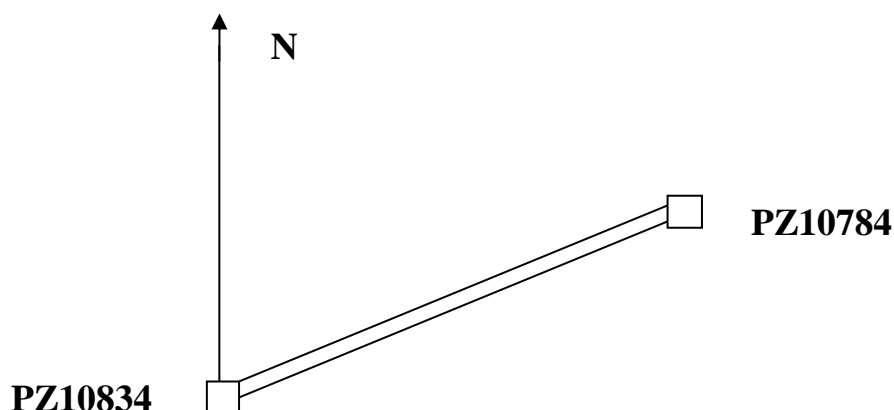
$$\Delta = \alpha_{\text{исх}} - A_{\text{гир}}^*$$

**Поправка  $\Delta$**

$$\Delta_4 = 90^{\circ}59'26.2''$$



**Определение дирекционного угла  
стороны подземной полигонометрии гироблоком №309333  
PZ10834-PZ10784**



$$A_{\text{гир}} (\text{PZ10834} - \text{PZ10784}) = 32^{\circ}29'43.1''$$

$$\alpha = A_{\text{зур}} + \Delta + \Delta\gamma, \quad \Delta = \alpha_{\text{исх}} - A_{\text{зур}}^*, \quad A_{\text{зур}} = A_{\text{зур(вн)}} \pm \Delta A,$$

$$\Delta\gamma = \frac{\rho''}{R_m} (y_{\text{исх}} - y) \operatorname{tg} \varphi_{\text{ср}}$$

От базиса наземной полигонометрии (Z128 – Z185)

$$\Delta_1 = 90^{\circ}59'59.5'' \qquad \Delta A = -3^{\circ}25'15.2''$$

$$Y_{(Z128)} = -7392.817 \text{ м} \qquad \Delta \gamma = -0^{\circ}01'01.6''$$

$$Y_{(\text{PZ10834})} = -6091.911 \text{ м}$$

$$\alpha_{\text{PZ10834-PZ10784}} = 32^{\circ}29'43.1'' - 3^{\circ}25'15.2'' + 90^{\circ}59'59.5'' - 0^{\circ}01'01.6'' = 120^{\circ}03'25.8''$$

От базиса наземной полигонометрии (Z185 – Z128)

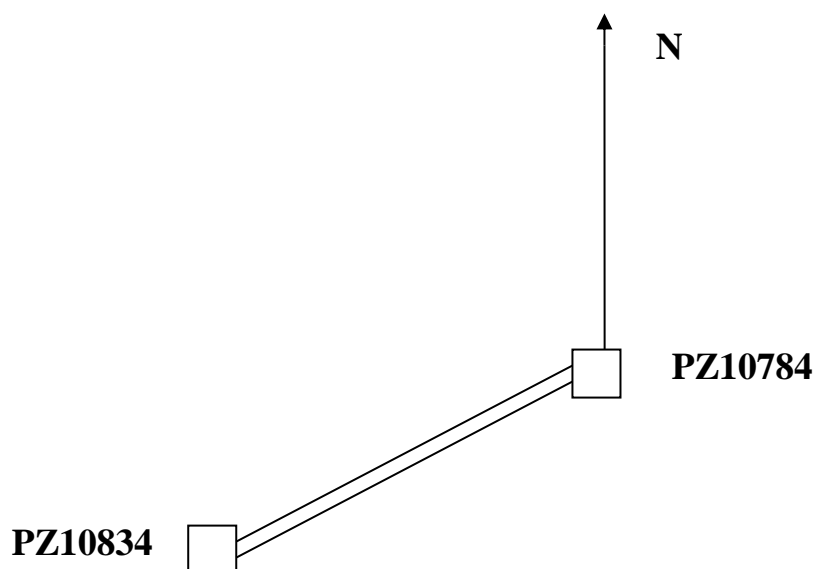
$$\Delta_2 = 90^{\circ}59'43.3'' \qquad \Delta A = -3^{\circ}25'15.2''$$

$$Y_{(Z185)} = -6890.487 \text{ м} \qquad \Delta \gamma = -0^{\circ}00'37.8''$$

$$Y_{(\text{PZ10834})} = -6091.911 \text{ м}$$

$$\alpha_{\text{PZ10834-PZ10784}} = 32^{\circ}29'43.1'' - 3^{\circ}25'15.2'' + 90^{\circ}59'43.3'' - 0^{\circ}00'37.8'' = 120^{\circ}03'33.4''$$

**Определение дирекционного угла  
стороны подземной полигонометрии гириблоком №309333  
PZ10784-PZ10834**



$$A_{\text{Гир}} (PZ10784 - PZ10834) = 208^{\circ}25'17.4''$$

$$\alpha = A_{\text{гир}} + \Delta + \Delta\gamma, \quad \Delta = \alpha_{\text{исх}} - A_{\text{гир}}^*, \quad A_{\text{гир}} = A_{\text{гир}(\text{вы})} \pm \Delta A,$$

$$\Delta\gamma = \frac{\rho''}{R_m} (y_{\text{исх}} - y) \operatorname{tg} \varphi_{cp}$$

От базиса наземной полигонометрии (Z128 – Z185)

$$\Delta_1 = 90^{\circ}59'59.5''$$

$$\Delta A = 0^{\circ}38'54.7''$$

$$Y_{(Z128)} = -7392.817 \text{ м}$$

$$\Delta\gamma = -0^{\circ}01'03.7''$$

$$Y_{(PZ10784)} = -6048.033 \text{ м}$$

$$\alpha_{PZ10784-PZ10834} = 208^{\circ}25'17.4'' + 0^{\circ}38'54.7'' + 90^{\circ}59'59.5'' - 0^{\circ}01'03.7'' = 300^{\circ}03'07.9''$$

От базиса наземной полигонометрии (Z185 – Z128)

$$\Delta_2 = 90^{\circ}59'43.3''$$

$$\Delta A = 0^{\circ}38'54.7''$$

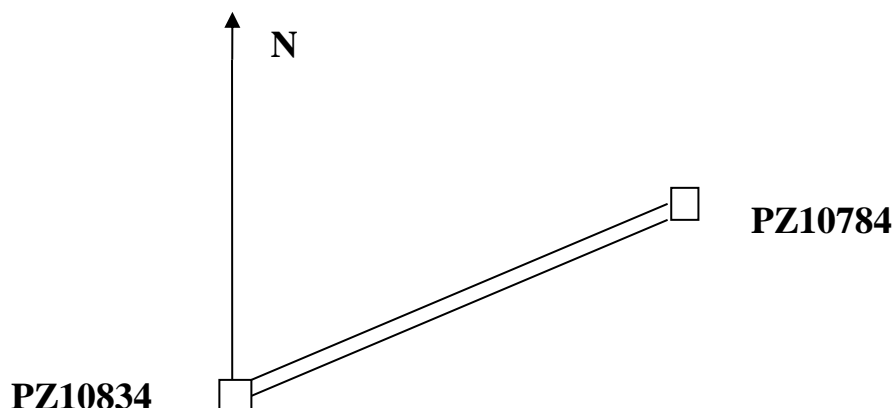
$$Y_{(Z185)} = -6890.487 \text{ м}$$

$$\Delta\gamma = -0^{\circ}00'39.9''$$

$$Y_{(PZ10784)} = -6048.033 \text{ м}$$

$$\alpha_{PZ10784-PZ10834} = 208^{\circ}25'17.4'' + 0^{\circ}38'54.7'' + 90^{\circ}59'43.3'' - 0^{\circ}00'39.9'' = 300^{\circ}03'15.5''$$

**Определение дирекционного угла  
стороны подземной полигонометрии гироблоком №309111/В  
PZ10834-PZ10784**



$$A_{\text{гир}} (\text{PZ10834} - \text{PZ10784}) = 32^{\circ}29'29.1''$$

$$\alpha = A_{\text{гир}} + \Delta + \Delta\gamma, \quad \Delta = \alpha_{\text{исх}} - A_{\text{гир}}^*, \quad A_{\text{гир}} = A_{\text{гир(вн)}} \pm \Delta A,$$

$$\Delta\gamma = \frac{\rho''}{R_m} (y_{\text{исх}} - y) \operatorname{tg} \varphi_{\text{ср}}$$

От базиса наземной полигонометрии (Z128 – Z185)

$$\Delta_3 = 90^{\circ}59'47.0''$$

$$\Delta A = -3^{\circ}25'15.2''$$

$$Y_{(Z128)} = -7392.817 \text{ м}$$

$$\Delta \gamma = -0^{\circ}01'01.6''$$

$$Y_{(\text{PZ10834})} = -6091.911 \text{ м}$$

$$\alpha_{\text{PZ10834-PZ10784}} = 32^{\circ}29'29.1'' - 3^{\circ}25'15.2'' + 90^{\circ}59'47.0'' - 0^{\circ}01'01.6'' = 120^{\circ}02'59.3''$$

От базиса наземной полигонометрии (Z185 – Z128)

$$\Delta_4 = 90^{\circ}59'26.2''$$

$$\Delta A = -3^{\circ}25'15.2''$$

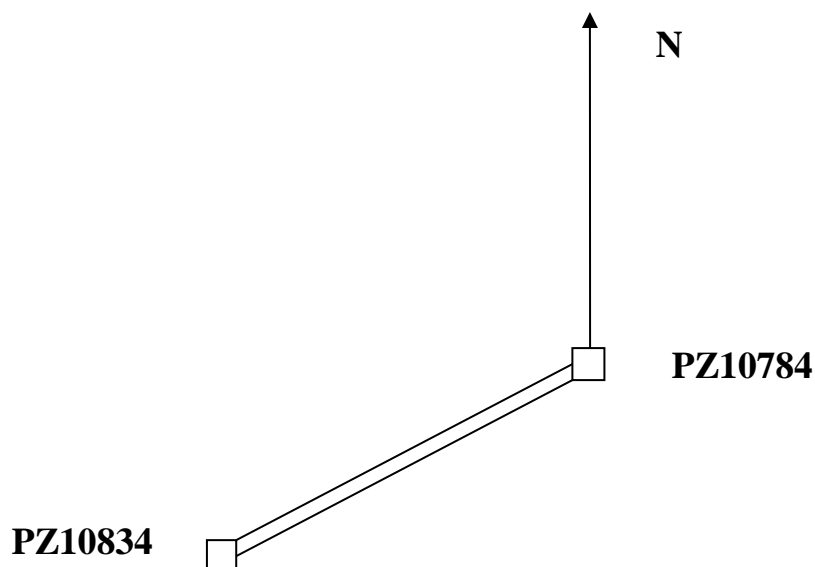
$$Y_{(Z185)} = -6890.487 \text{ м}$$

$$\Delta \gamma = -0^{\circ}00'37.8''$$

$$Y_{(\text{PZ10834})} = -6091.911 \text{ м}$$

$$\alpha_{\text{PZ10834-PZ10784}} = 32^{\circ}29'29.1'' - 3^{\circ}25'15.2'' + 90^{\circ}59'26.2'' - 0^{\circ}00'37.8'' = 120^{\circ}03'02.3''$$

**Определение дирекционного угла  
стороны подземной полигонометрии гироблоком №309111/В  
PZ10784-PZ10834**



$$A_{\text{гир}}(\text{PZ10784} - \text{PZ10834}) = 208^{\circ}25'16.7''$$

$$\alpha = A_{\text{зир}} + \Delta + \Delta\gamma, \quad \Delta = \alpha_{\text{исх}} - A_{\text{зир}}^*, \quad A_{\text{зир}} = A_{\text{зир(вд)}} \pm \Delta A,$$

$$\Delta\gamma = \frac{\rho''}{R_m} (y_{\text{исх}} - y) \operatorname{tg} \varphi_{\text{ср}}$$

От базиса наземной полигонометрии (**Z128 – Z185**)

$$\Delta_3 = 90^{\circ}59'47.0''$$

$$\Delta A = 0^{\circ}38'54.7''$$

$$Y_{(\text{Z128})} = -7392.817 \text{ м}$$

$$\Delta \gamma = -0^{\circ}01'03.7''$$

$$Y_{(\text{PZ10784})} = -6048.033 \text{ м}$$

$$\alpha_{\text{PZ10784-PZ10834}} = 208^{\circ}25'16.7'' + 0^{\circ}38'54.7'' + 90^{\circ}59'47.0'' - 0^{\circ}01'03.7'' = 300^{\circ}02'54.7''$$

От базиса наземной полигонометрии (**Z185 – Z128**)

$$\Delta_4 = 90^{\circ}59'26.2''$$

$$\Delta A = 0^{\circ}38'54.7''$$

$$Y_{(\text{Z185})} = -6890.487 \text{ м}$$

$$\Delta \gamma = -0^{\circ}00'39.9''$$

$$Y_{(\text{PZ10784})} = -6048.033 \text{ м}$$

$$\alpha_{\text{PZ10784-PZ10834}} = 208^{\circ}25'16.7'' + 0^{\circ}38'54.7'' + 90^{\circ}59'26.2'' - 0^{\circ}00'39.9'' = 300^{\circ}02'57.7''$$

Все результаты измерений находятся в допусках, согласно ВСН 160-69 «Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей», глава 6.3.2 СП 120.13330.2012 "Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003".