Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет
Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

Отчет
по лабораторной работе №2
«Главная геодезическая задача на эллипсоиде»
Вариант №3

Выполнил: ст.гр.11405118
Вишняков Д.Н.
Проверил: ст. преподаватель
Будо А.Ю.

Минск, 2021

## 2.1. Обратная Геодезическая Задача (ОГЗ) на эллипсоиде WGS84

Исходными данными в ОГЗ на эллипсоиде являются:

Широта и долгота первой точки $\varphi_1$, $\lambda_1$.

Широта и долгота второй точки $\varphi_2$, $\lambda_2$.

Необходимо найти:

Длина геодезической линии $S$

Прямой азимут $\alpha_1$.

Обратный азимут $\alpha_2$.

Ход решения

*Действие 1*. Вычисление в радианах разности широт и долгот, а также среднее значение широты.

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \tag{2.1}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \tag{2.2}$$

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \tag{2.3}$$

*Действие 2*. Вычисление радиуса кривизны первого вертикала и меридиана и вспомогательные величины, которые обеспечат компактный вид формул и уменьшат сложность вычислений остальных величин.

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \left(\sin\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2}} \tag{2.4}$$

$$M = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\left(1 - e^2 \cdot \left(\sin\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}} \tag{2.5}$$

где $e^2$ – квадрат эксцентриситета и равен

$$e^2 = 2 \cdot f - f^2 \tag{2.6}$$

$a$, $f$ – параметры эллипсоида WGS84

Вспомогательные величины рассчитываются по следующим формулам

$$t = \mathrm{tg}\left(\varphi_{cp}\right) \tag{2.7}$$

$$\eta^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \cdot \left(\cos\left(\varphi_{cp}\right)^2\right) \tag{2.8}$$

$$V^2 = 1 + \eta^2 \tag{2.9}$$

$$f_1 = \frac{1}{M} \tag{2.10}$$

$$f_2 = \frac{1}{N} \tag{2.11}$$

$$f_3 = \frac{1}{24} \tag{2.12}$$

$$f_4 = \frac{1+\eta^2 - 9\cdot\eta^2\cdot t^2}{24\cdot V^4} \tag{2.13}$$

$$f_5 = \frac{1-2\cdot\eta^2}{24} \tag{2.14}$$

$$f_6 = \frac{\eta^2\cdot\left(1-t^2\right)}{8\cdot V^4} \tag{2.15}$$

$$f_7 = \frac{1+\eta^2}{12} \tag{2.16}$$

$$f_8 = \frac{3+8\cdot\eta^2}{24\cdot V^4} \tag{2.17}$$

*Действие 3*. Вычисление трех вспомогательных величин.

$$S\cdot\sin(\alpha)\ \ S\cdot\cos(\alpha)\ \ \Delta\alpha$$

по формулам

$$S\cdot\sin(\alpha) = \frac{1}{f_2}\cdot\Delta\lambda\cdot\cos(\varphi_{cp})\cdot\left(1 - f_3\cdot\left(\Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp})\right)^2 + f_4\cdot(\Delta\varphi)^2\right) \tag{2.18}$$

$$S\cdot\cos(\alpha) = \frac{1}{f_1}\cdot\Delta\varphi_{cp}\cdot\cos\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)\cdot\left(1 - f_5\cdot\left(\Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp})\right)^2 + f_6\cdot(\Delta\varphi)^2\right) \tag{2.19}$$

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp})\cdot\left(1 + f_7\cdot\left(\Delta\lambda\cdot\cos(\varphi_{cp})\right)^2 + f_8\cdot(\Delta\varphi)^2\right) \tag{2.20}$$

*Действие 4*. Вычисления окончательных значений величин

Длина геодезической линии

$$S = \sqrt{\left(S\cdot\sin(\alpha)\right)^2 + \left(S\cdot\cos(\alpha)\right)^2} \tag{2.21}$$

Величина азимута вычисляется стандартно, т.е. как румб с учетом четверти.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\left|\frac{S\cdot\sin(\alpha)}{S\cdot\cos(\alpha)}\right|\right) \tag{2.22}$$

$$\alpha_1 = \alpha - \frac{\Delta\alpha}{2} \tag{2.23}$$

$$\alpha_2 = \alpha + \frac{\Delta\alpha}{2} + \pi \tag{2.24}$$

Значение азимутов должно находится в интервале

$$0 \le \alpha \le 2\pi \tag{2.25}$$

Результаты расчетов приведены ниже

Дано:

$\varphi_1 = 54°54'00''$

$\varphi_2 = 54°30'00''$

$\lambda_1 = 26°42'00''$

$\lambda_2 = 26°54'00''$

S-?

$\alpha_1$-?

$\alpha_2$-?

Решение:

***Действие 1. Вычисление в радианах разности широт и долгот, а также среднее значение широты***

$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0{,}006981$ рад

$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = -0.003491$ рад

$\varphi_{ср} = \dfrac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 0{,}954695$ рад

***Действие 2. Вычисление радиуса кривизны первого вертикала и меридиана***

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \left(\sin\left(\varphi_{ср}\right)\right)^2}} = 6392404{,}778 \text{ м}$$

$$M = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\left(1 - e^2 \cdot \left(\sin\left(\varphi_{ср}\right)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}} = 6378051{,}299 \text{ м}$$

$$t = \operatorname{tg}\left(\varphi_{ср}\right) = 1{,}412350$$

$$\eta^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \cdot \left(\cos\left(\varphi_{ср}\right)^2\right) = 0.047439$$

$$V^2 = 1 + \eta^2 = 1.001125$$

$$f_1 = \frac{1}{M} = 0{,}0000001$$

$$f_2 = \frac{1}{N} = 0{,}0000001$$

$$f_3 = \frac{1}{24} = 0{,}0416666$$

$$f_4 = \frac{1 + \eta^2 - 9 \cdot \eta^2 \cdot t^2}{24 \cdot V^4} = 0{,}039897$$

$$f_5 = \frac{1 - 2 \cdot \eta^2}{24} = 0{,}041479$$

$$f_6 = \frac{\eta^2 \cdot \left(1 - t^2\right)}{8 \cdot V^4} = -0.000279$$

$$f_7 = \frac{1 + \eta^2}{12} = 0.083521$$

$$f_8 = \frac{3 + 8 \cdot \eta^2}{24 \cdot V^4} = 0.125186$$

***Действие 3. Вычисления трех вспомогательных***

***величин***

$$S\cdot\sin(\alpha)=\frac{1}{f_2}\cdot\Delta\lambda\cdot\cos(\varphi_{cp})\cdot\left(1-f_3\cdot(\Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp}))^2+f_4\cdot(\Delta\varphi)^2\right)=$$

= -12894,164 (м)

$$S\cdot\cos(\alpha)=\frac{1}{f_1}\cdot\Delta\varphi_{cp}\cdot\cos\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)\cdot\left(1-f_5\cdot(\Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp}))^2+f_6\cdot(\Delta\varphi)^2\right)=$$

= -44527,137 (м)

$$\Delta\alpha=\Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp})\cdot\left(1+f_7\cdot(\Delta\lambda\cdot\cos(\varphi_{cp}))^2+f_8\cdot(\Delta\varphi)^2\right)=$$

= -0,163229 (рад)

***Действие 4. Вычисления окончательных значений***

***Величин***

$$\mathrm{S}=\sqrt{(S\cdot\sin(\alpha))^2+(S\cdot\cos(\alpha))^2}\ = 46356{,}503\ (\text{м})$$

$$\alpha=\operatorname{arctg}\left(\left|\frac{S\cdot\sin(\alpha)}{S\cdot\cos(\alpha)}\right|\right)= 5{,}88962\ \text{рад}$$

$$\alpha_1=\alpha-\frac{\Delta\alpha}{2}\ = 5{,}89317\ \text{рад} = 163^\circ 46'\ 06{,}36''$$

$$\alpha_2=\alpha+\frac{\Delta\alpha}{2}-\pi = 2{,}74447\ \text{рад} = 343^\circ 55'\ 53{,}98''$$

Ответ: $S$ = 46356,503 м

$\alpha_1$ = 163˚46′ 06,36″

$\alpha_2$ = 343˚55′ 53,98″

### 2.2. Прямая Геодезическая Задача (ПГЗ) на эллипсоиде WGS84

Исходными данными в ПГЗ на эллипсоиде являются:

Широта и долгота первой точки $\varphi_1$, $\lambda_1$.

Длина геодезической линии $S$

Прямой азимут $\alpha_1$.

Необходимо найти:

Широта и долгота второй точки $\varphi_2$, $\lambda_2$.

Обратный азимут $\alpha_2$.

Ход решения

*Действие 1*. Вычисляем приблизительные координаты точки 2

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{S \cdot \cos(\alpha_1)}{M_1} \tag{2.26}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \frac{S \cdot \sin(\alpha_1)}{N_1 \cdot \cos(\varphi_1)} \tag{2.27}$$

*Действие 2*. В ходе итерационного процесса вычисляются обратный азимут, широта и долгота второй точки по формулам.

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \cdot \sin(\varphi_{cp}) \cdot \left(1 + f_7 \cdot (\Delta\lambda \cdot \cos(\varphi_{cp}))^2 - f_4 \cdot \Delta\varphi^2\right) \tag{2.28}$$

$$\alpha = \alpha_1 + \frac{\Delta\alpha}{2} \tag{2.29}$$

$$\alpha_2 = \alpha + \frac{\Delta\alpha}{2} + \pi \tag{2.30}$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + f_2 \cdot \frac{S \cdot \sin(\alpha)}{\cos(\varphi_{cp})} \cdot \left(1 + f_3 \cdot (\Delta\lambda \cdot \sin(\varphi_{cp}))^2 - f_4 \cdot \Delta\varphi^2\right) \tag{2.31}$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + f_1 \cdot \frac{S \cdot \cos(\alpha)}{\cos\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)} \cdot \left(1 - f_5 \cdot (\Delta\lambda \cdot \cos(\varphi_{cp}))^2 - f_6 \cdot \Delta\varphi^2\right) \tag{2.32}$$

Перед началом каждой итерации перевычисляются значения формул (2.1 – 2.5), а также все необходимые для их вычисления вспомогательные величины (2.7 – 2.17). Итерации следует продолжать до тех пор, пока значения текущей и предыдущей итераций не будут отличаться на пренебрегаемо малую величину, которая зависит от вида выполняемых работ.

| Дано: | Решение: |
|---|---|
| $\varphi_1$=54˚54′0″ | ***Действие 1. Вычисление приблизительных координат точки 2*** |
| $\lambda_1$=26˚42′0″ | |
| α$_1$ = 163˚46′ 06,36″ | $N_1 = \dfrac{a}{\sqrt{1-e^2\cdot(\sin(\varphi_1))^2}}$ = 6392404,778 м |
| $S$ = 46356,503 м | $M_1 = \dfrac{a\cdot(1-e^2)}{\left(1-e^2\cdot(\sin(\varphi_1))^2\right)^{\frac{3}{2}}}$ = 6378051,299 м |
| $\varphi_2$-? | $\varphi_2' = \varphi_1 + \dfrac{S\cdot\cos(\alpha_1)}{M_1}$ = 0,951204 рад |
| $\lambda_2$-? | $\lambda_2' = \lambda_1 + \dfrac{S\cdot\sin(\alpha_1)}{N_1\cdot\cos(\varphi_1)}$ =0,469494 рад |
| $\alpha_2$-? | ***Действие 2. В ходе итерационного процесса вычисляем обратный азимут, широта и долгота 2-ой точки*** |

I итерация

$\Delta\varphi = \varphi_2' - \varphi_1$ = 0,006978 рад

$\Delta\lambda = \lambda_2' - \lambda_1$ = -0,003525 рад

$\varphi_{ср}' = \dfrac{\varphi_1+\varphi_2'}{2}$ = 0,954696 рад

$N = \dfrac{a}{\sqrt{1-e^2\cdot\left(\sin\left(\varphi_{ср}'\right)\right)^2}}$ = 6392404,809 м

$M = \dfrac{a\cdot(1-e^2)}{\left(1-e^2\cdot\left(\sin\left(\varphi_{ср}'\right)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$ =6378051,393 м

$t = \mathrm{tg}\left(\varphi_{ср}'\right)$ =1,412355

$\eta^2 = \dfrac{e^2}{1-e^2}\cdot\left(\cos\left(\varphi_{ср}'\right)^2\right)$ =0,002250

$V^2 = 1+\eta^2$ =1,002250

$f_1 = \dfrac{1}{M}$ = 0,0000001567

$f_2 = \frac{1}{N} = 0{,}0000001564$

$f_3 = \frac{1}{24} = 0{,}041666$

$f_4 = \frac{1+\eta^2 - 9\cdot\eta^2\cdot t^2}{24\cdot V^4} = 0{,}039897$

$f_5 = \frac{1-2\cdot\eta^2}{24} = 0{,}041479$

$f_6 = \frac{\eta^2\cdot(1-t^2)}{8\cdot V^4} = -0{,}000278$

$f_7 = \frac{1+\eta^2}{12} = 0{,}083521$

$f_8 = \frac{3+8\cdot\eta^2}{24\cdot V^4} = 0{,}125186$

$\Delta\alpha = \Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp})\cdot\left(1+ f_7\cdot(\Delta\lambda\cdot\cos(\varphi_{cp}))^2 - f_4\cdot\Delta\varphi^2\right) =$
$= -0{,}002877$ рад

$\alpha = \alpha_1 + \frac{\Delta\alpha}{2} = 2{,}859736$ рад

$\alpha_2 = \alpha + \frac{\Delta\alpha}{2} - \pi = 6{,}002768$ рад $= 163^\circ 46' 06{,}35''$

$\varphi_2 = \varphi_1 + f_1\cdot\frac{S\cdot\cos(\alpha)}{\cos\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\cdot\left(1- f_5\cdot(\Delta\lambda\cdot\cos(\varphi_{cp}))^2 - f_6\cdot\Delta\varphi^2\right) =$

$= 0{,}951204$ рад $= 54^\circ 29' 59{,}9''$

$\lambda_2 = \lambda_1 + f_2\cdot\frac{S\cdot\sin(\alpha)}{\cos(\varphi_{cp})}\cdot\left(1+ f_3\cdot(\Delta\lambda\cdot\sin(\varphi_{cp}))^2 - f_4\cdot\Delta\varphi^2\right) =$

$= 0{,}469493$ рад $= 26^\circ 53' 59{,}9''$

II итерация

$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 0{,}006981$ рад

$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = -0{,}003490$ рад

$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = 0{,}954695$ рад

$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\cdot(\sin(\varphi_{cp}))^2}} = 6392404{,}777$ м

$$M=\frac{a\cdot(1-e^2)}{\left(1-e^2\cdot\left(\sin\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}=6378051{,}298\text{ м}$$

$$t=\mathrm{tg}\left(\varphi_{cp}\right)=1{,}412350$$

$$\eta^2=\frac{e^2}{1-e^2}\cdot\left(\cos\left(\varphi_{cp}\right)^2\right)=0{,}002250$$

$$V^2=1+\eta^2=1{,}002250$$

$$f_1=\frac{1}{M}=0{,}0000001567$$

$$f_2=\frac{1}{N}=0{,}0000001564$$

$$f_3=\frac{1}{24}=0{,}041666$$

$$f_4=\frac{1+\eta^2-9\cdot\eta^2\cdot t^2}{24\cdot V^4}=0{,}039897$$

$$f_5=\frac{1-2\cdot\eta^2}{24}=0{,}041479$$

$$f_6=\frac{\eta^2\cdot\left(1-t^2\right)}{8\cdot V^4}=-0{,}000278$$

$$f_7=\frac{1+\eta^2}{12}=0{,}083520$$

$$f_8=\frac{3+8\cdot\eta^2}{24\cdot V^4}=0{,}125186$$

$$\Delta\alpha=\Delta\lambda\cdot\sin\left(\varphi_{cp}\right)\cdot\left(1+f_7\cdot\left(\Delta\lambda\cdot\cos\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2-f_4\cdot\Delta\varphi^2\right)=$$
$$=-0{,}002848\text{ рад}$$

$$\alpha=\alpha_1+\frac{\Delta\alpha}{2}=2{,}859722\text{ рад}$$

$$\alpha_2=\alpha+\frac{\Delta\alpha}{2}-\pi=6{,}002739\text{ рад}=163^\circ51'00{,}0''$$

$$\varphi_2=\varphi_1+f_1\cdot\frac{S\cdot\cos(\alpha)}{\cos\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\cdot\left(1-f_5\cdot\left(\Delta\lambda\cdot\cos\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2-f_6\cdot\Delta\varphi^2\right)=$$
$$=0{,}951204\text{ рад}=54^\circ29'59{,}91''$$

$$\lambda_2=\lambda_1+f_2\cdot\frac{S\cdot\sin(\alpha)}{\cos\left(\varphi_{cp}\right)}\cdot\left(1+f_3\cdot\left(\Delta\lambda\cdot\sin\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2-f_4\cdot\Delta\varphi^2\right)=$$

=0,469493 рад = 26°53′59,88″

III итерация

$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ = 0,006981 рад

$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ = -0,003490 рад

$\varphi_{cp} = \dfrac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ = 0,954695 рад

$N = \dfrac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \left(\sin\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2}}$ = 6392404,777 м

$M = \dfrac{a \cdot (1 - e^2)}{\left(1 - e^2 \cdot \left(\sin\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$ = 6378051,298 м

$t = \mathrm{tg}\left(\varphi_{cp}\right)$=1,412350

$\eta^2 = \dfrac{e^2}{1 - e^2} \cdot \left(\cos\left(\varphi_{cp}\right)^2\right)$= 0,002250

$V^2 = 1 + \eta^2$ = 1,002250

$f_1 = \dfrac{1}{M}$ = 0,0000001567

$f_2 = \dfrac{1}{N}$ = 0,0000001564

$f_3 = \dfrac{1}{24}$ = 0,041666

$f_4 = \dfrac{1 + \eta^2 - 9 \cdot \eta^2 \cdot t^2}{24 \cdot V^4}$ = 0,039897

$f_5 = \dfrac{1 - 2 \cdot \eta^2}{24}$ = 0,041479

$f_6 = \dfrac{\eta^2 \cdot \left(1 - t^2\right)}{8 \cdot V^4}$ = -0,000278

$f_7 = \dfrac{1 + \eta^2}{12}$ =0,083520

$f_8 = \dfrac{3 + 8 \cdot \eta^2}{24 \cdot V^4}$ 0,125186

$\Delta\alpha = \Delta\lambda \cdot \sin\left(\varphi_{cp}\right) \cdot \left(1 + f_7 \cdot \left(\Delta\lambda \cdot \cos\left(\varphi_{cp}\right)\right)^2 - f_4 \cdot \Delta\varphi^2\right) =$

= -0,002842 рад

$\alpha = \alpha_1 + \dfrac{\Delta\alpha}{2}$ = 2,859722 рад

$$\alpha_2 = \alpha + \frac{\Delta\alpha}{2} - \pi = 6{,}002739 \text{ рад} = 343^\circ 55' 53{,}8''$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + f_1 \cdot \frac{S \cdot \cos(\alpha)}{\cos\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)} \cdot \left(1 - f_5 \cdot \left(\Delta\lambda \cdot \cos(\varphi_{cp})\right)^2 - f_6 \cdot \Delta\varphi^2\right) =$$

$$= 0{,}951204 \text{ рад} = 54^\circ 29' 59{,}91''$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + f_2 \cdot \frac{S \cdot \sin(\alpha)}{\cos(\varphi_{cp})} \cdot \left(1 + f_3 \cdot \left(\Delta\lambda \cdot \sin(\varphi_{cp})\right)^2 - f_4 \cdot \Delta\varphi^2\right) =$$

$$= 0{,}469493 \text{ рад} = 26^\circ 53' 59{,}88''$$

Ответ: $\alpha_2 = 343^\circ 55' 53{,}8''$

$\varphi_2 = 54^\circ 29' 59{,}91''$

$\lambda_2 = 26^\circ 53' 59{,}88''$

**2.3. Вычисление кратчайшего расстояния между двумя исходными точками, проверить правильность пересчета и сравнить полученное значение с кратчайшим расстоянием на сфере.**

Чтобы решить данную задачу необходимо воспользоваться описанием формы эллипсоида в параметрическом виде.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N(\varphi)\cdot\cos\varphi\sin\lambda \\ N(\varphi)\cdot\cos\varphi\cos\lambda \\ N(\varphi)\left(1-e^2\right)\sin\varphi \end{pmatrix} \quad (2.33)$$

где $N(\varphi)$–первый вертикал

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\cdot(\sin(\varphi))^2}} \quad (2.34)$$

Тогда координаты первой точки равны

$X_1$ = 3283771,430 м

$Y_1$ = 1651564,970 м

$Z_1$ = 5194990,366 м

Второй точки

$X_2$ = 3310394,529 м

$Y_2$ = 1679458,999 м

$Z_2$ = 5169260,039 м

Кратчайшее расстояние между двумя исходными точками находится по формуле

$$S = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 + Z_2)^2} \quad (2.35)$$

$$S = 46356{,}401 \text{ м}$$

Для проверки правильности нахождения расстояния необходимо пространственные прямоугольные координаты перевести в геодезические. Для этого воспользуемся следующими формулами.

$$\lambda = \mathrm{arctg}\left(\frac{Y}{X}\right) \quad (2.36)$$

$$\varphi = \mathrm{arctg}\left(\frac{Z + \varepsilon\, b \sin^3(q)}{p - e^2\ a\cos^3(q)}\right) \quad (2.37)$$

$$\varepsilon = \frac{e^2}{1-e^2} \quad (2.40)$$

$$b = a\,(1-f) \quad (2.41)$$

$$p = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (2.42)$$

$$q = arctg\left(\frac{Z\,a}{p\,b}\right) \quad (2.43)$$

Тогда геодезические координаты будут равны соответственно

$\varepsilon = 0{,}006739$

$b = 6356752{,}314$ м $\varphi_1 = 54^\circ 54' 0''$

$p_1 = 3675706{,}960$ м $\lambda_1 = 27^\circ 42' 0''$

$q_1 = 0{,}956604$

$\varepsilon = 0{,}006739$

$b = 6356752{,}314$ м $\varphi_2 = 54^\circ 30' 00''$

$p_2 = 3712047{,}207$ м $\lambda_2 = 26^\circ 54' 00''$

$q_2 = 0{,}949615$

Сравним расстояния на сфере и на эллипсоиде

$S_{сф} = 46356{,}503$ м

$S_{эл} = 46356{,}401$ м

Вывод: расстояние на эллипсоиде зависит многих параметров, таких как, например, вдоль какой оси расположена линия. В случае с моим вариантом, расстояние на эллипсоиде вышло большим чем на сфере.