

Тема 6

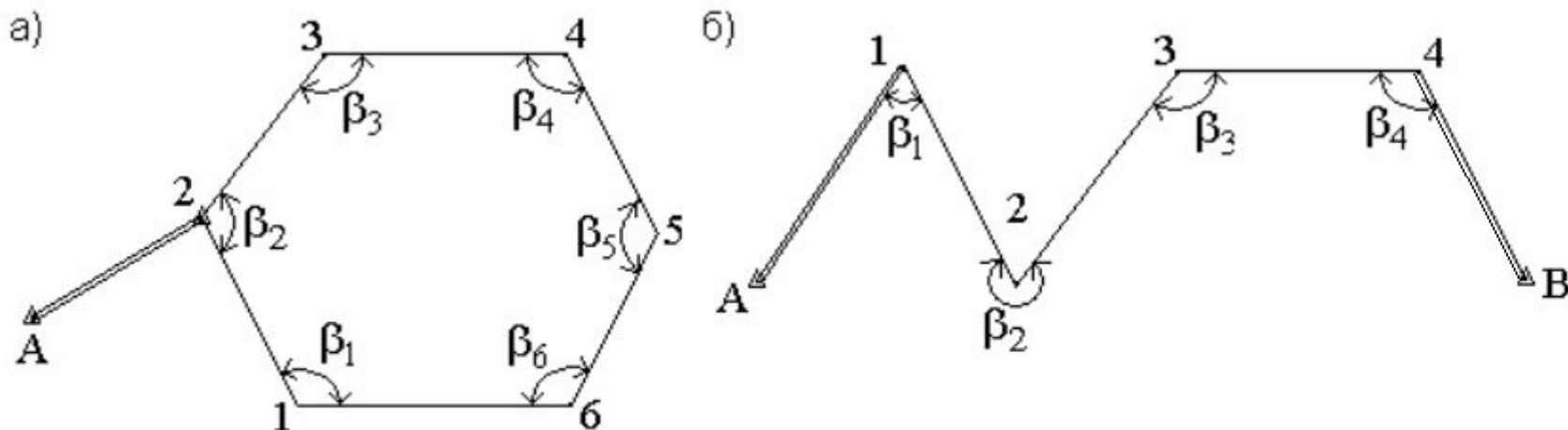
Проектирование теодолитного хода на
основе цифровой карты и уравнивание
измерений

Цель и задача

Создание планово высотного обоснования для производства топографической съемки масштаба 1:500.

1. Рекогносцировка местности и проектирование съемочной геодезической сети.
2. Расчет геометрических параметров и предрасчет точности съемочной геодезической.
3. Составление каталога координат съемочной геодезической сети.

Допускаемые конфигурации съемочной сети



Теодолитные ходы: замкнутый (а); разомкнутый (б).

Параметры съемочной геодезической сети

Съемочная геодезическая сеть должна охватывать территорию проведения топографической съемки.

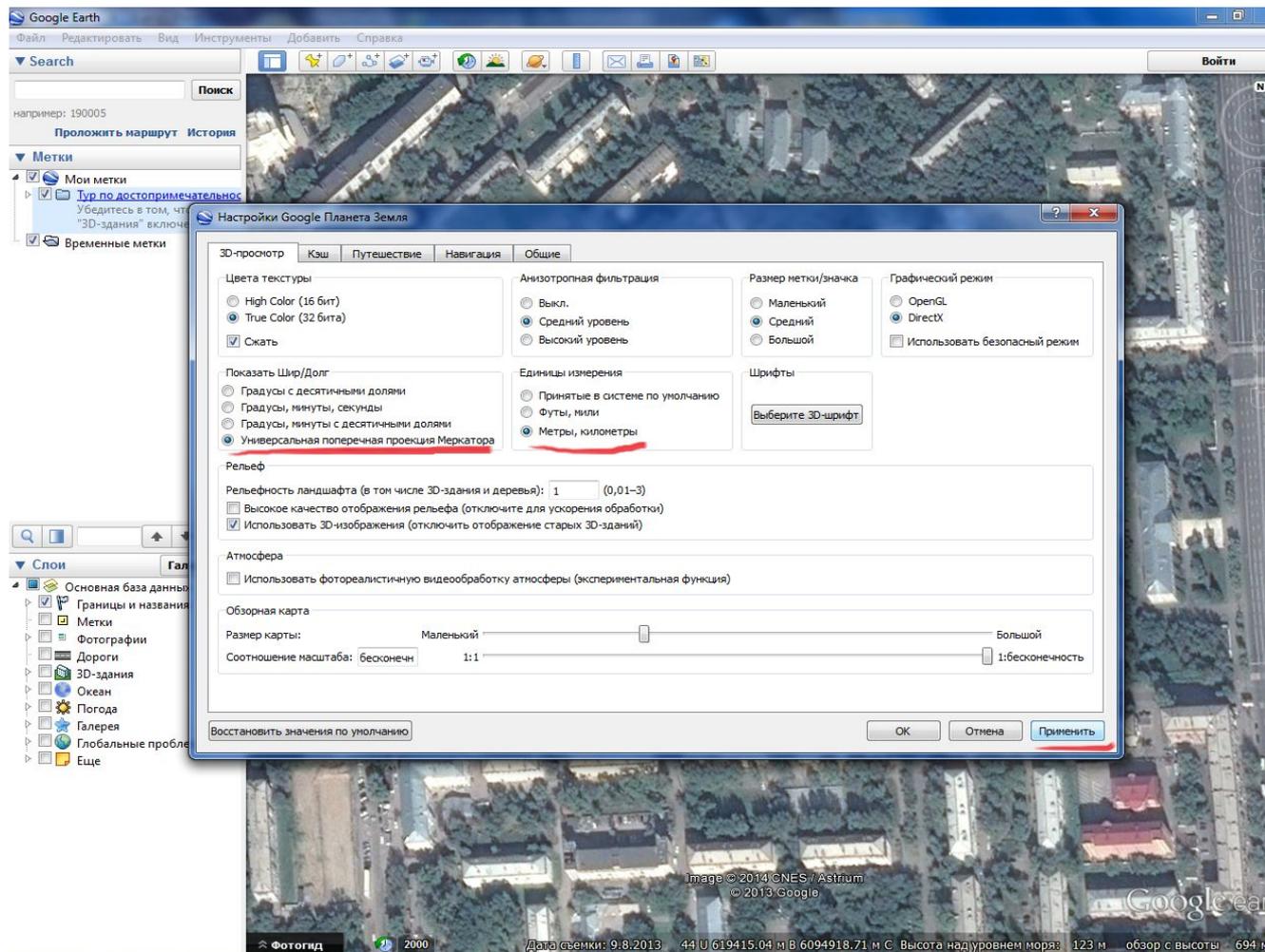
- ✓ Общая длина теодолитного хода между пунктами ГГС для масштаба 1:500 не должна превышать **1 км**.
- ✓ Длины сторон в теодолитных ходах не должны быть: на застроенных территориях не более **350 м** и менее **20 м**, на незастроенных — не более **450 м** и менее **40 м**.
- ✓ Допускается проложение висячих ходов, длины которых не должны быть более: **100 и 150 м** - в масштабе 1:500.

Проектирование съемочной геодезической сети

1. Установить программное обеспечение **Google Планета Земля «Google Earth»**. Выполнить настройку «**Google Earth**».
2. Определить участок проведения топографической съемки, общей площадью \approx **12 Га. (длины сторон 600 м на 200 м)**.
4. Наметить на карте точки **ГГС (не менее 2 точек)** и точки съемочной сети (**не менее 4 точек**).
5. Определить координаты точек в системе координат UTM.
6. Выполнить расчет расстояний и углов между точками. Оценить геопрофиль- видимость. Внести поправку за собственный вариант.
7. Выполнить уравнивание и предрасчет точности.
8. Составить схему и каталог координат точек съемочной геодезической сети.

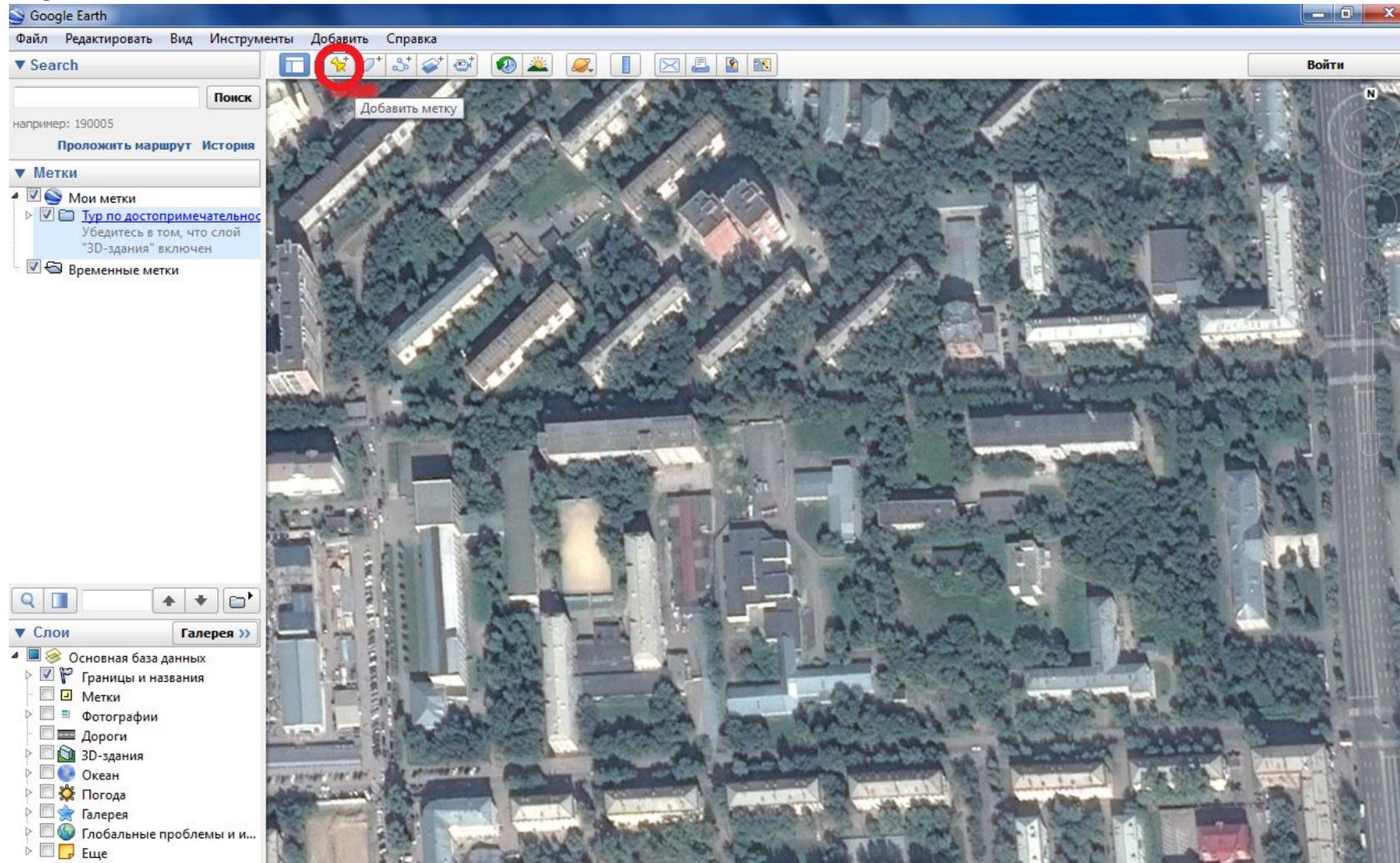
Установка и настройка «Google Earth»

Необходимо настроить единицы измерения и систему координат.
Для этого запустить программу, найти в меню кнопку «Инструменты»



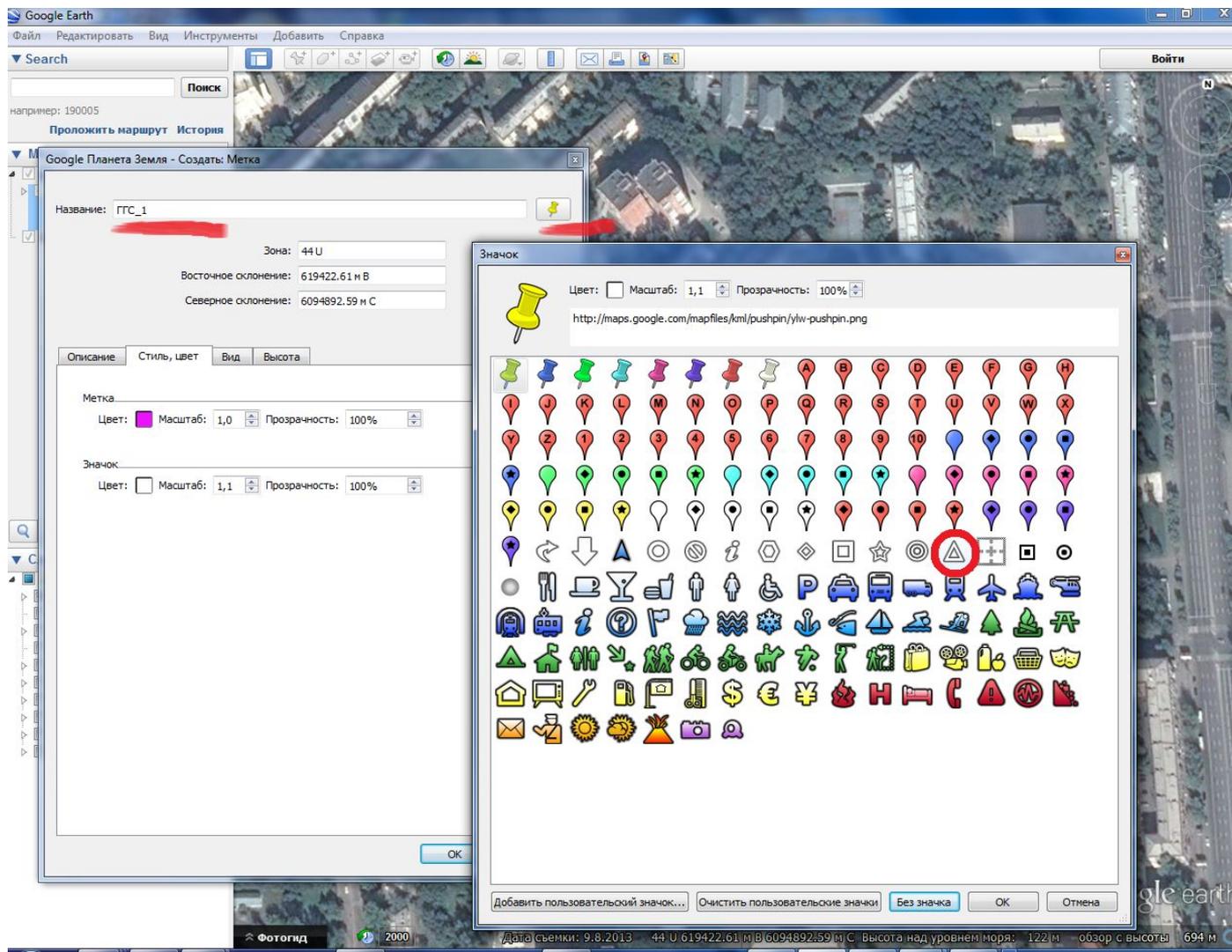
Установка и настройка «Google Earth»

Определить участок работ и задать точки геодезической сети «**Добавить метку**».



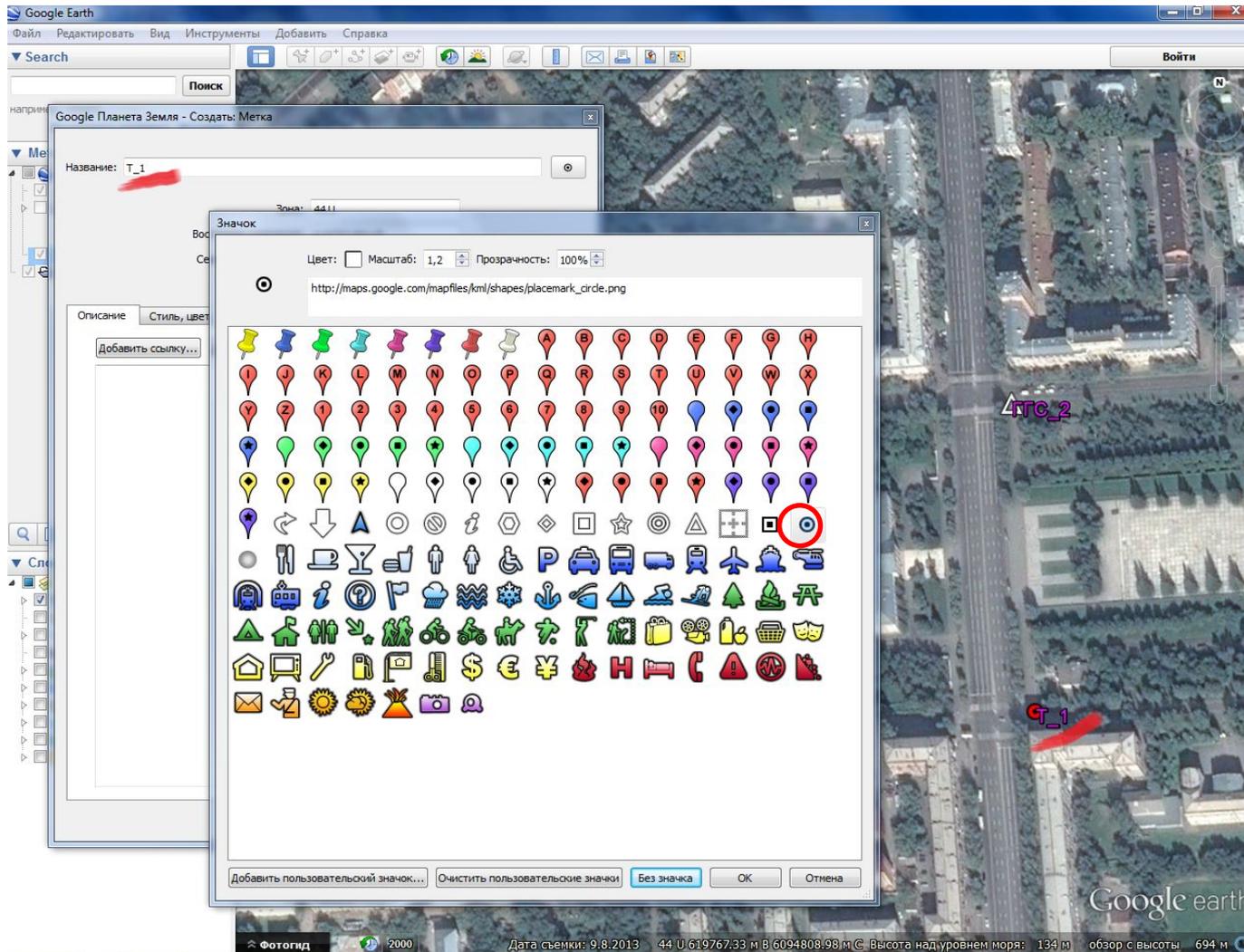
Установка и настройка «Google Earth»

Задать имя и стиль точки, для пунктов государственной сети ГГС_i.

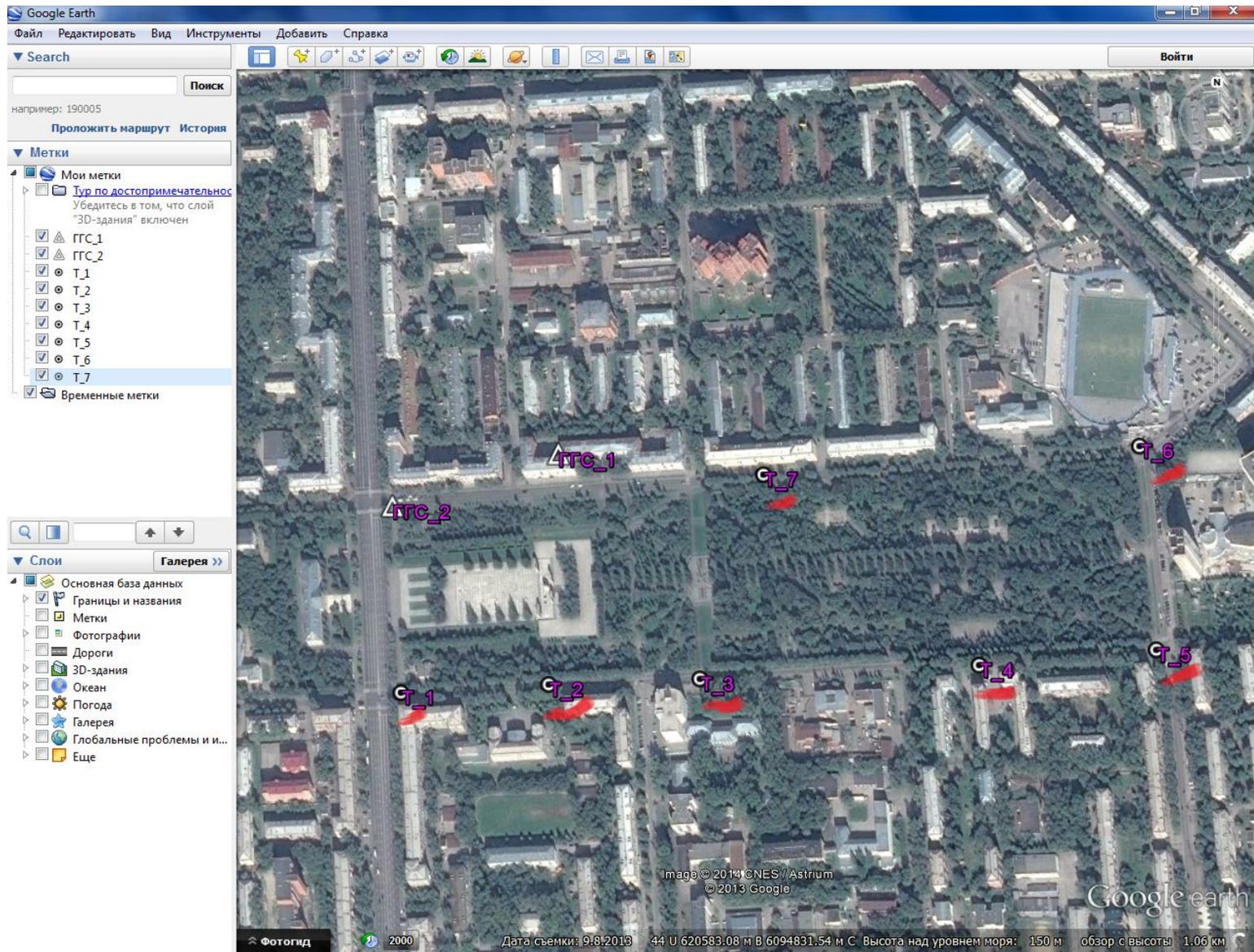


Установка и настройка «Google Earth»

Задать имя и стиль точки, для точек хода T_i .

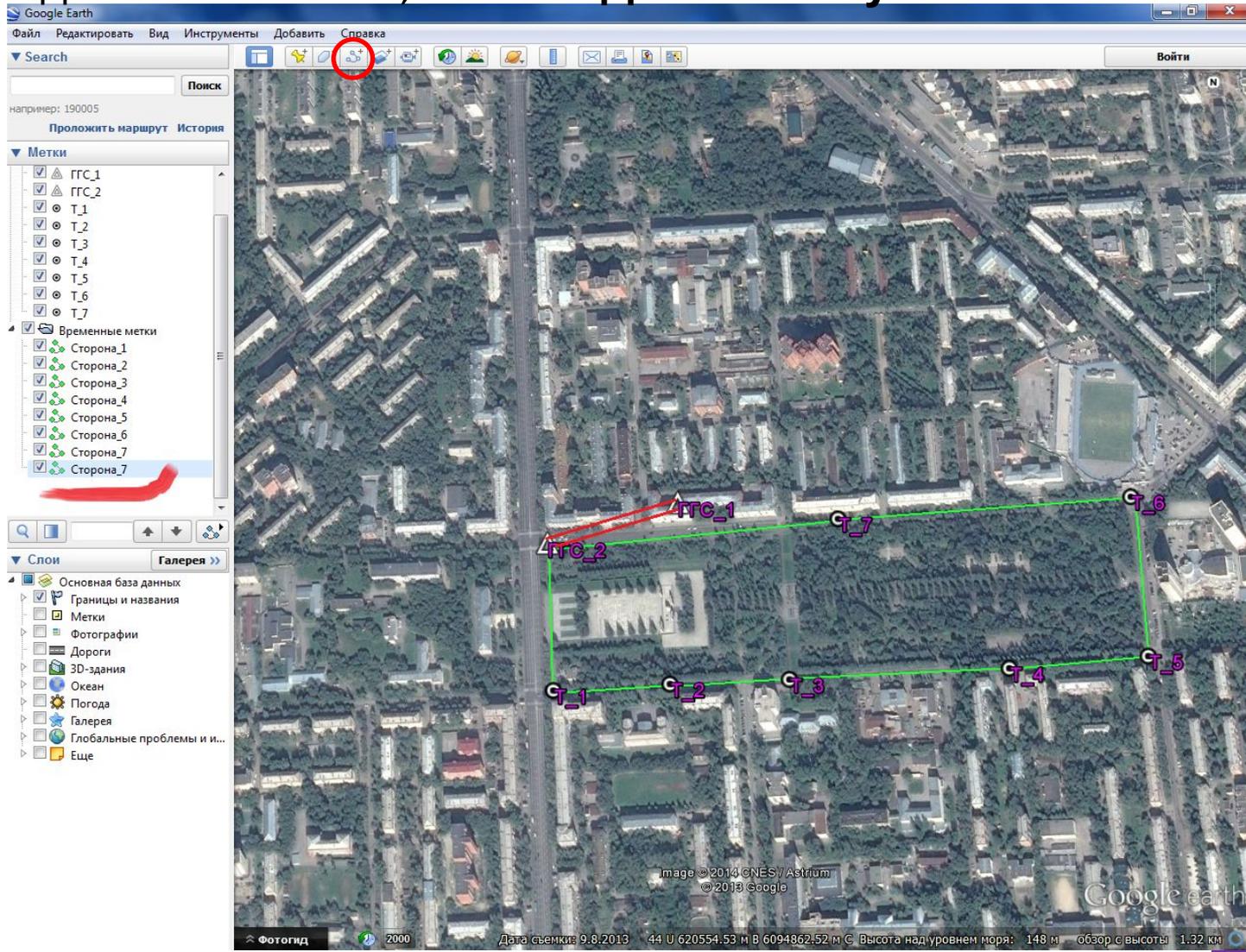


Установка и настройка «Google Earth»



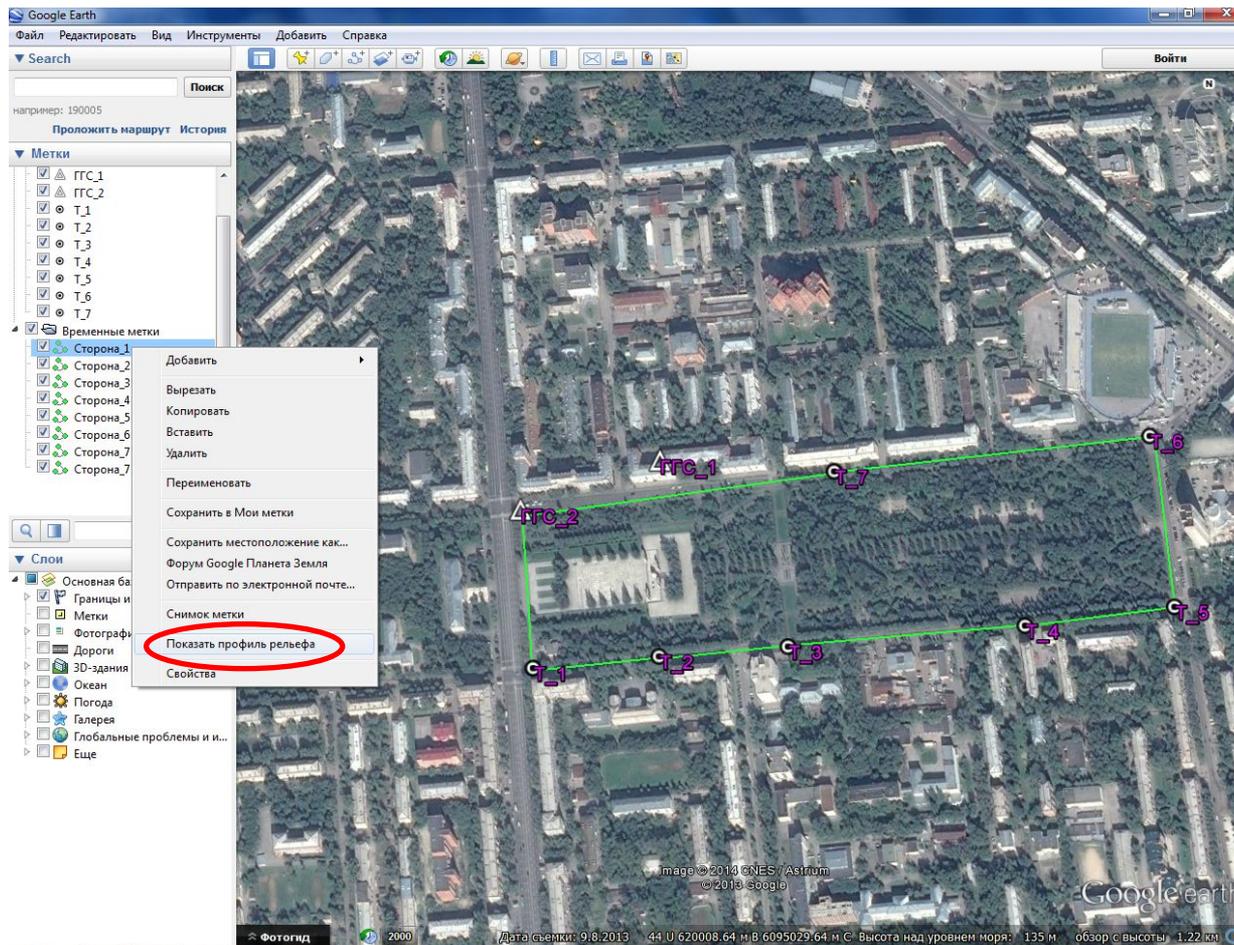
Установка и настройка «Google Earth»

Соединить все точки, кнопка «Добавить путь».

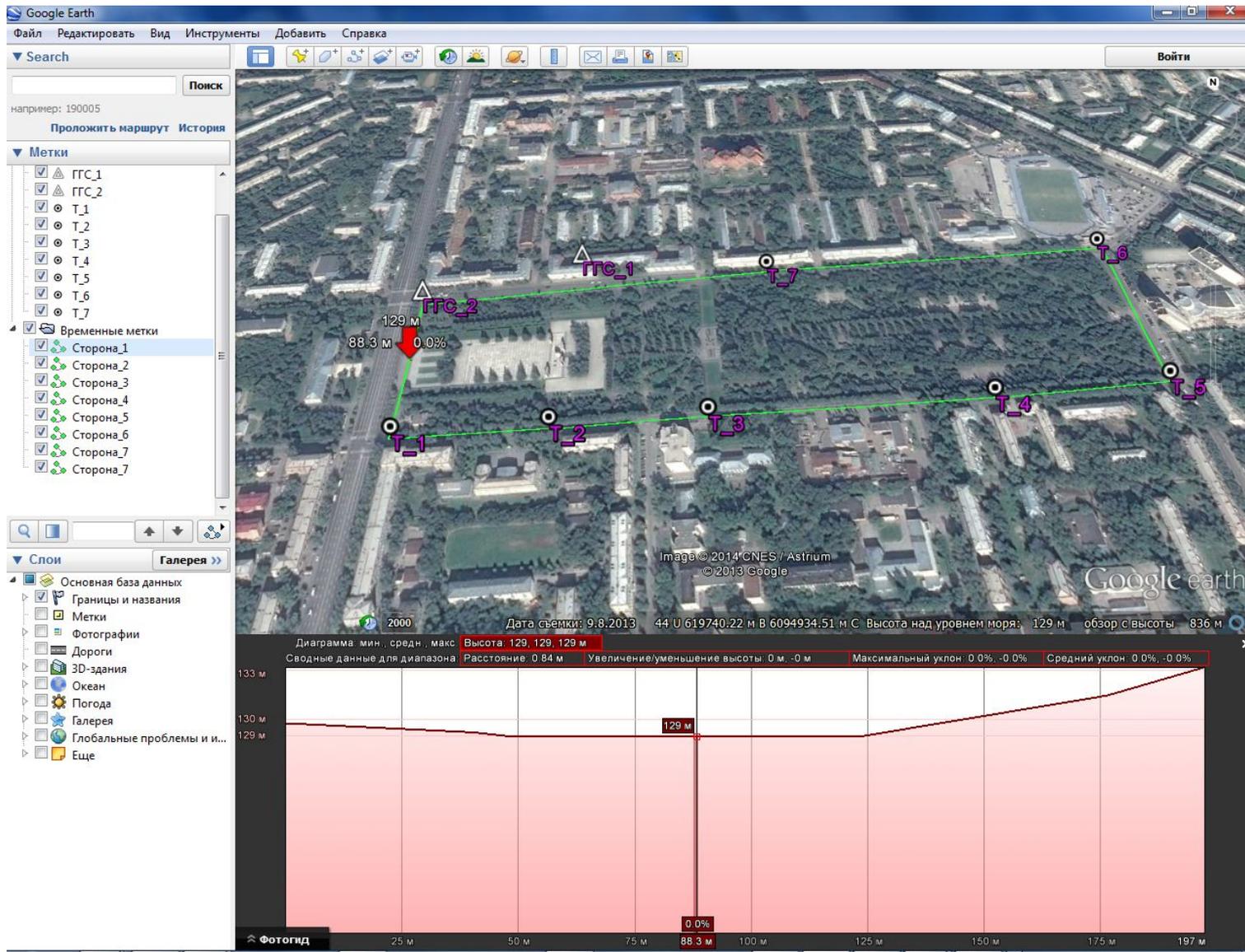


Установка и настройка «Google Earth»

Оценить профиль рельефа на предмет видимости, правый клик на одной из сторон, кнопка «Показать профиль рельефа»

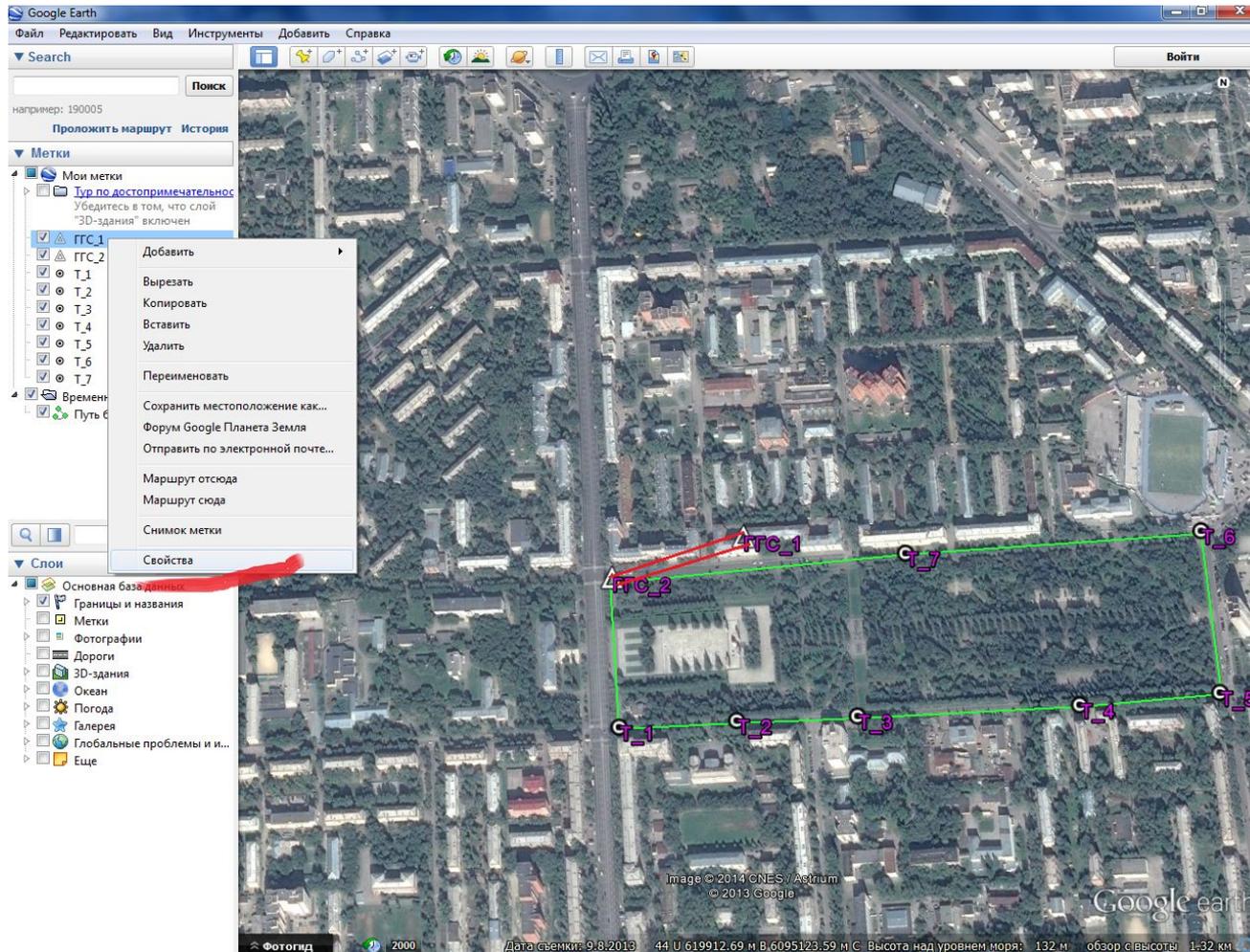


Установка и настройка «Google Earth»



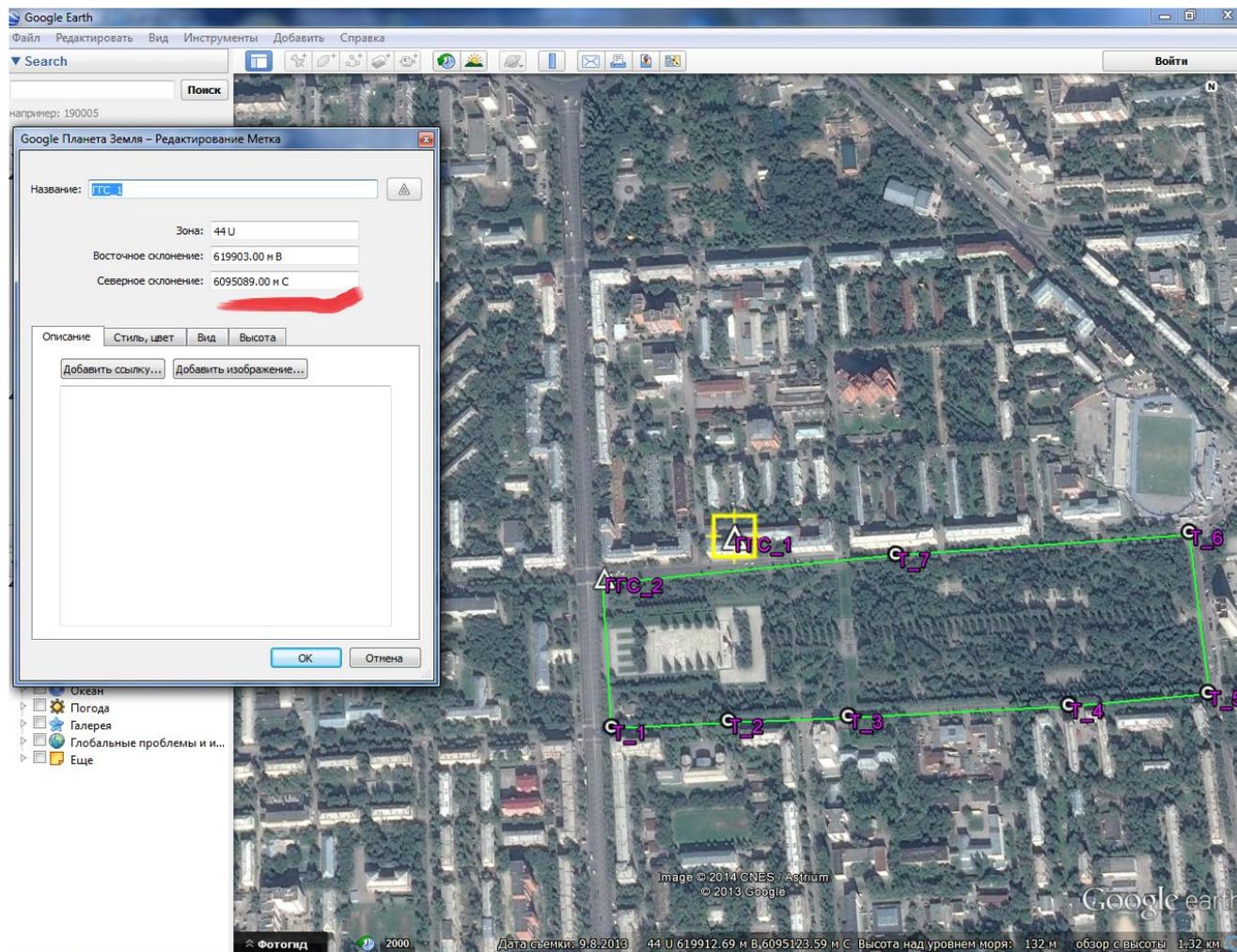
Установка и настройка «Google Earth»

Определение координат выбранных точек, правый клик на одной из точек «Свойства».



Установка и настройка «Google Earth»

Определение координат выбранных точек, правый клик на одной из точек «Свойства».



Решение треугольников

Определение координат выбранных точек, правый клик на одной из точек «**Свойства**».

Определение расстояния между точками по координатам

$$S_{\text{расс.}} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Определение углов между точками, при известных сторонах углы проще всего определить, пользуясь **теоремой косинусов**, частным случаем которой является **теорема Пифагора**.

Онлайн калькулятор решения треугольников:

<http://planetcalc.ru/534/>

Варианты

Внесение погрешности измерений, выбирается по номеру варианта, начиная с 20, это сумма случайных погрешностей измерения углов в секундах " - Σv .

Поправка в каждый измеренный угол вычисляется по формуле:

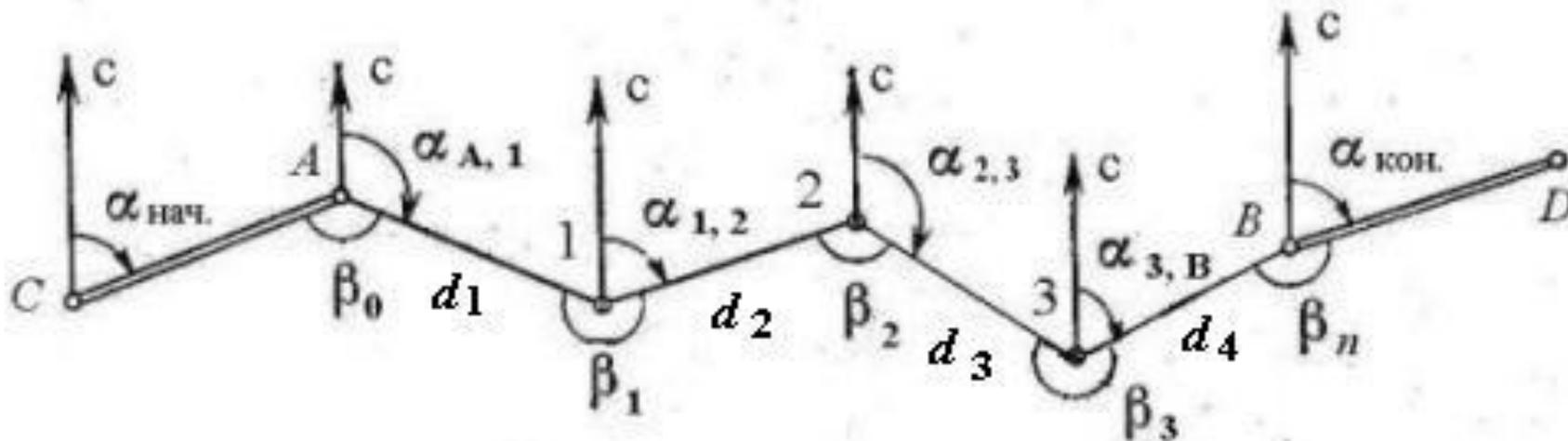
$$\beta_i \text{ изм.} = \beta_i \text{ расчет.} + (\Sigma v/n)$$

где β_i расчет. – проектный угол рассчитанный по координатам;
 Σv – сумма поправок, рассчитанная на основе номера зачетной книжки;
 n – количество углов в ходе.

Уравнивание

Камеральная обработка разомкнутого теодолитного хода проводится в той же последовательности, что и для замкнутого теодолитного хода, за исключением вычислений по определению теоретической суммы углов и теоретической суммы приращений координат в разомкнутом теодолитном ходе.

Пусть между исходными сторонами CA и BD проложен разомкнутый теодолитный ход (рисунок) в котором измерены правые по ходу углы $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_n$ и длины сторон d_1, d_2, d_3, d_4 .



Уравнивание

Обозначим дирекционные углы исходных сторон СА и ВD соответственно $\alpha_{\text{нач}}$ и $\alpha_{\text{кон}}$, тогда согласно рисунку и формуле вычисления дирекционных углов получим:

$$\alpha_{A,1} = \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ - \beta_0;$$

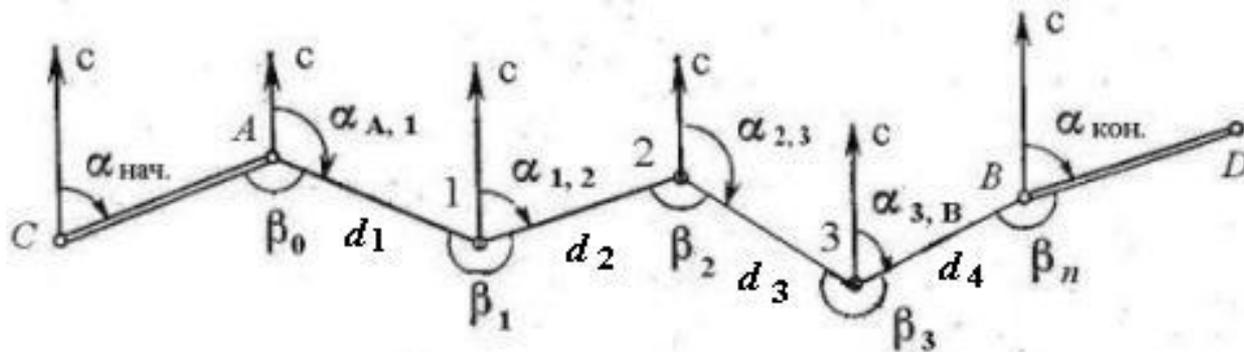
$$\alpha_{1,2} = \alpha_{A,1} + 180^\circ - \beta_1;$$

$$\alpha_{2,3} = \alpha_{1,2} + 180^\circ - \beta_2;$$

$$\alpha_{3,B} = \alpha_{2,3} + 180^\circ - \beta_3;$$

β – правые углы ($\beta_{\text{пр}}$)

$$\alpha_{\text{кон}} = \alpha_{3,B} + 180^\circ - \beta_n.$$



$\alpha_{\text{нач}}$ и $\alpha_{\text{кон}}$ находят методом решения обратной геодезической задачи (онлайн калькулятор <http://sitegeodesy.com/obrggezadachaonline.html>)

Уравнивание

Складывая по столбцу данные равенства, будем иметь:

$$\alpha_{\text{кон}} = \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ n - \Sigma\beta.$$

Тогда теоретическая сумма углов в разомкнутом теодолитном ходе

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ n - \alpha_{\text{кон}}.$$

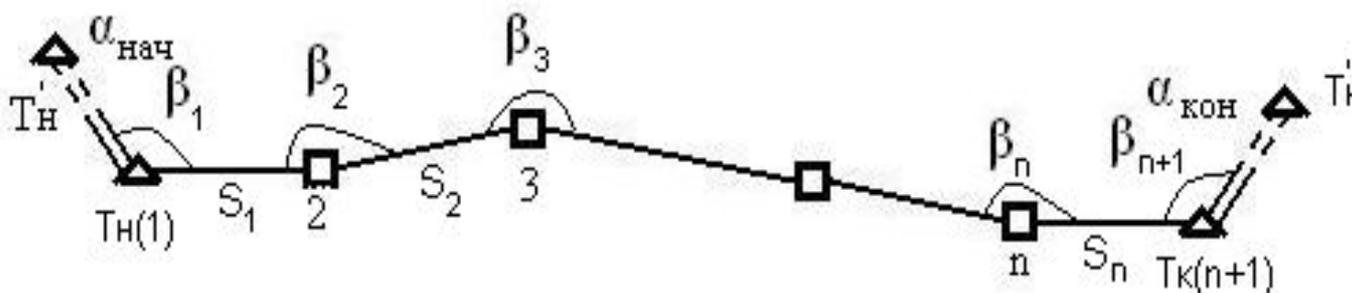
В замкнутом ходе $\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n-2)$ (для внутренних углов)

Если сумму измеренных углов хода обозначить $\Sigma\beta_{\text{пр}}$., то угловую невязку в разомкнутом теодолитном ходе можно вычислить по формуле

$$f\beta = \Sigma\beta_{\text{пр}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = \Sigma\beta_{\text{пр}} - (\alpha_{\text{нач}} + 180^\circ n - \alpha_{\text{кон}}).$$

В замкнутом ходе $f\beta = [\beta_{\text{изм}}] - 180^\circ \cdot (n-2)$

Предварительное уравнивание полигонометрического хода



В данном полигонометрическом ходе измерены левые по ходу углы:

$\beta_1, \beta_2 \dots \beta_{n+1}$ и стороны $S_1, S_2 \dots S_n$.

Исходные данные:

- координаты начального **1** и конечного пункта **(n+1)**;
- соответственно **x1, y1**;
- и **x_{n+1}, y_{n+1}**.

Можно их обозначить как:

Xнач., Yнач. и **Xкон., Yкон.**

- дирекционные углы начальной стороны $\alpha_{нач}$ и конечной стороны α

Порядок предварительных вычислений

а) вычисление угловой невязки хода производят по формулам:

$$f\beta = [\beta_{\text{изм}}] - [\beta_{\text{теор}}], \quad (1)$$

где $[\beta_{\text{изм}}]$ - сумма всех измеренных углов, т.е. $[\beta_{\text{изм}}] = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{(n+1)}$;

Разомкнутый: $[\beta_{\text{теор}}] = \alpha_{\text{кон}} - \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ \cdot (n+1)$;

Замкнутый: $[\beta_{\text{теор}}] = \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ n - \alpha_{\text{кон}}$. (2)

$(n+1)$ – число измеренных углов. В соответствии с этой формула 1 примет вид

Разомкнутый: $f\beta = [\beta_{\text{изм}}] - [(\alpha_{\text{кон}} - \alpha_{\text{нач}}) + 180^\circ \cdot (n+1)]$ (3)

Для замкнутого полигона угловая невязка рассчитывается по формуле

$$f\beta = [\beta_{\text{изм}}] - 180^\circ \cdot (n - 2), \quad (4) \quad 22$$

Порядок предварительных вычислений

б) полученную невязку сравнивают с её предельным значением, вычисленным по формуле

$$f_{\beta \text{ пред}} = 2m_{\beta} \sqrt{(n+1)}, \quad (5)$$

где m_{β} – СКП измерения углов, задаётся инструкцией для данного класса или разряда, соответственно:

4 класс - 3"; 1 разряд - 5";

2 разряд - 10"

(Используем второй разряд)

Должно быть выполнено условие

$$f_{\beta} \leq f_{\beta \text{ пред}}, \quad (6)$$

Если условие не выполняется, то углы перемеряются, если – выполняется, то делают вывод о соответствии измеренных углов по точности данному классу или разряду.

Порядок предварительных вычислений

Полученную угловую невязку, если она оказалась допустимой, распределяют поровну в виде поправок в каждый угол по формуле

$$v\beta_i = - f\beta / (n+1), \quad (7)$$

Контролем правильности вычисления поправок в углы является равенство

$$[v\beta_i] = - f\beta. \quad (8)$$

По Гауссу значок $[\]$ означает сумму. Это равенство должно выполняться строго. Отклонения, полученные за счёт округления необходимо исключать.

Порядок предварительных вычислений

в) Вычисление уравненных углов

$$\beta_i \text{ ур.} = \beta_i \text{ изм.} + v\beta_i, \quad (9)$$

г) Вычисление дирекционных углов для левых измеренных углов поворота производят по формулам:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_{\text{нач}} + \beta_1 - 180^\circ; \\ \alpha_2 &= \alpha_1 + \beta_2 - 180^\circ; \\ \text{т.е. } \alpha_i &= \alpha_{i-1} + \beta_i - 180^\circ. \end{aligned} \quad (10)$$

Для правых измеренных углов поворота дирекционные углы вычисляются по формуле

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_{\text{нач}} + 180^\circ - \beta_1; \\ \alpha_i &= \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_i, \end{aligned} \quad (11)$$

Порядок предварительных вычислений

д) Далее определяют приращения координат по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta X_i &= S_i \cdot \cos \alpha_i; \\ \Delta Y_i &= S_i \cdot \sin \alpha_i.\end{aligned}\quad (12)$$

е) Определяют невязки в приращениях по осям координат, которые обозначают соответственно f_x и f_y .

Невязки вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned}f_x &= [\Delta X] - [\Delta X \text{ теор}]; \\ f_y &= [\Delta Y] - [\Delta Y \text{ теор}].\end{aligned}\quad (13)$$

В формулах (13) сумма теоретических приращений находится следующим образом

$$\begin{aligned}[\Delta X \text{ теор}] &= X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}; \\ [\Delta Y \text{ теор}] &= Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}.\end{aligned}\quad (14)$$

Порядок предварительных вычислений

В результате формулы 13 примут вид:

$$\begin{aligned}f_x &= [\Delta x] - (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}); \\f_y &= [\Delta y] - (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}).\end{aligned}\tag{15}$$

где **X нач**, **Y нач** и **X кон**, **Y кон** - координаты начального и конечного исходных пунктов

ж) По полученным невязкам f_x и f_y находят абсолютную и относительную линейные невязки хода по формулам:)

абсолютную невязку - $f_s = \sqrt{((f_x)^2 + (f_y)^2)}$

относительную невязку - $f_s/[s]$ (16)

Порядок предварительных вычислений

Относительная невязка является критерием точности линейных измерений.

Её величину представляют в виде дроби, в числителе которой единица, а в знаменателе – число. Относительную невязку сравнивают с допуском, заданным инструкцией, т.е. должно выполняться условие:

$$f_s/s \leq 1/T, \quad (17)$$

где $1/T$ задаётся инструкцией и равна следующим значениям:

4 класс - $1/25000$;

1 разряд – $1/10000$;

2 разряд - $1/5000$.

Если условие не выполняется, то линии в ходе измеряются заново. Если условие выполняется, то делают вывод о соответствии линейных измерений по точности данному классу или разряду работ и переходят к вычислению поправок.

Порядок предварительных вычислений

к) Для получения приближённых значений координат пунктов, вычисляют поправки в приращения координат по формулам:

$$v_{\Delta x_i} = - (f_x/[s]) \cdot S_i;$$

$$v_{\Delta y_i} = - (f_y/[s]) \cdot S_i. \quad (18)$$

ПРИМЕЧАНИЕ Считается, что в случае измерения сторон хода тахеометрами можно невязки f_x и f_y распределять поровну на все приращения хода. т.е.

$$v_{\Delta x_i} = - f_x/n;$$

$$v_{\Delta y_i} = - f_y/n. \quad (19)$$

Порядок предварительных вычислений

л) Контроль правильности вычисления поправок осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned} [V\Delta x] &= -fx; \\ [V\Delta y] &= -fy; \end{aligned} \quad (20)$$

м) Вычисляют исправленные (приближённые) значения приращений координат по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta X \text{ испр.}i &= \Delta X_i + v\Delta X_i; \\ \Delta Y \text{ испр.}i &= \Delta Y_i + v\Delta Y_i. \end{aligned} \quad (21)$$

н) Контроль правильности вычислений исправленных приращений

$$\begin{aligned} [\Delta X \text{ испр}] &= [\Delta X \text{ теор}] = (X_{n+1} - X_1); \\ [\Delta Y \text{ испр}] &= [\Delta Y \text{ теор}] = (Y_{n+1} - Y_1). \end{aligned} \quad (22)$$

Порядок предварительных вычислений

к) Вычисление рабочих координат пунктов полигонометрического хода производят по следующим формулам:

$$\begin{aligned} X_{\text{испр}2} &= x_1 + \Delta X_{\text{испр}1}; \\ X_{\text{испр}3} &= x_2 + \Delta X_{\text{испр}2}. \end{aligned} \quad (23)$$

В общем виде:

$$\begin{aligned} X_{\text{испр}(i+1)} &= X_{\text{испр}.i} + \Delta X_{\text{испр}.i}; \\ Y_{\text{испр}(i+1)} &= Y_{\text{испр}.i} + \Delta Y_{\text{испр}.i}. \end{aligned} \quad (24)$$

л) Контроль правильности вычисления рабочих координат производят так:

$$\begin{aligned} X_{\text{испр}n} + \Delta X_{\text{испр}.n} &= x_{n+1}; \\ Y_{\text{испр}n} + \Delta Y_{\text{испр}.n} &= y_{n+1}. \end{aligned} \quad (25)$$

