

**Автоматизированный способ
поиска оптимального метода
установления
параметров преобразования
плоских прямоугольных
систем координат**

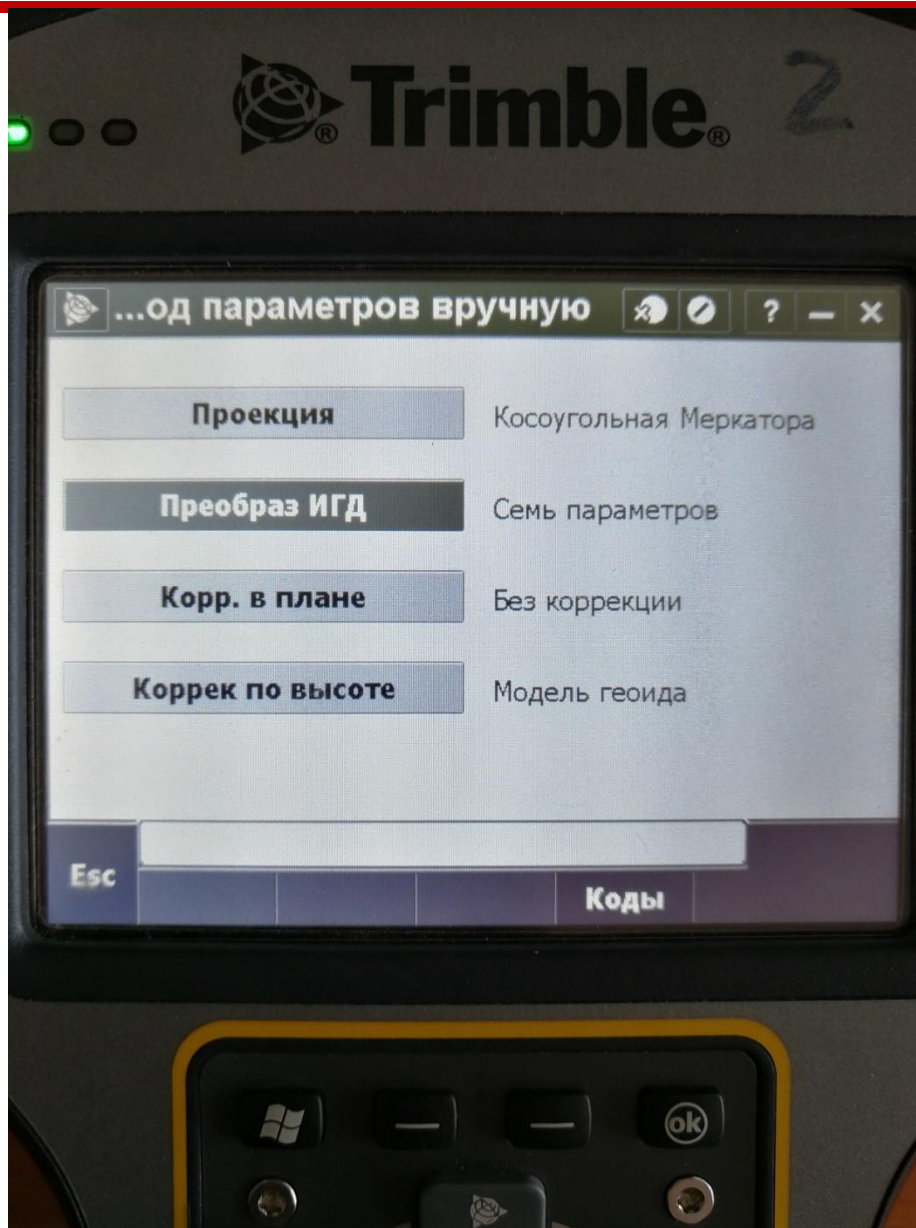


***Будо Андрей Юрьевич,
кафедра Геодезии и
аэрокосмических
геотехнологий ФТК БНТУ
(г.Минск)***

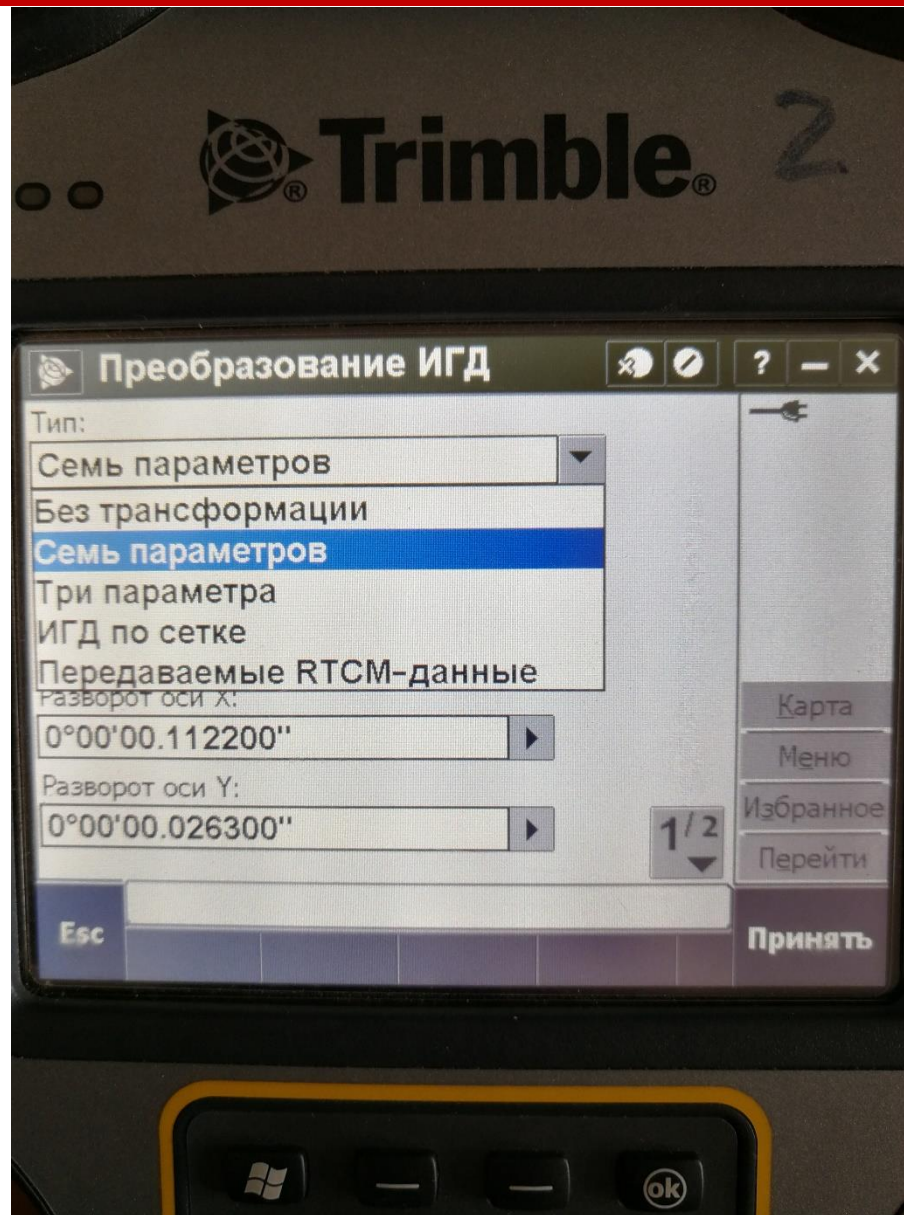
AndrewBudo@gmail.com

Leica TS16, GS18, CS20, TCR1201. Trimble M3

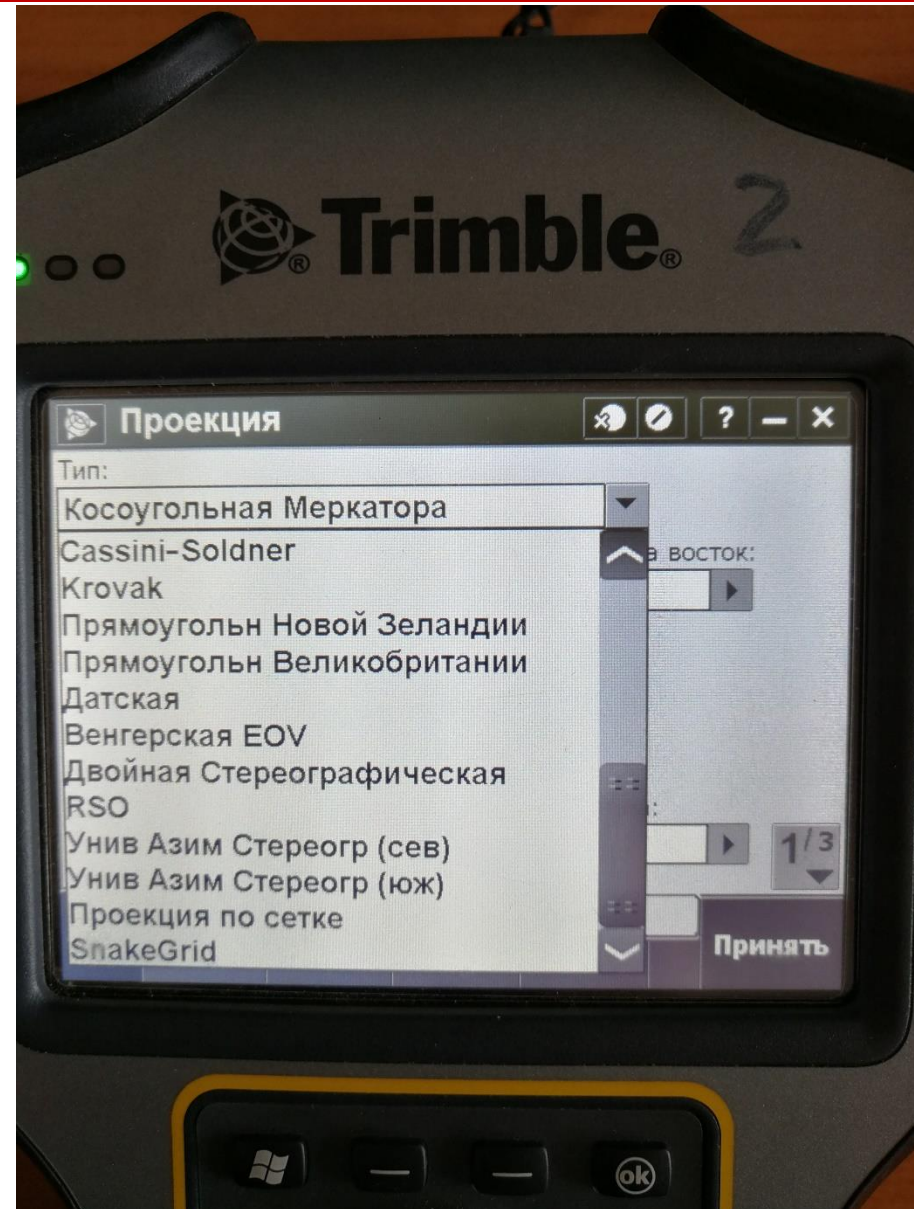
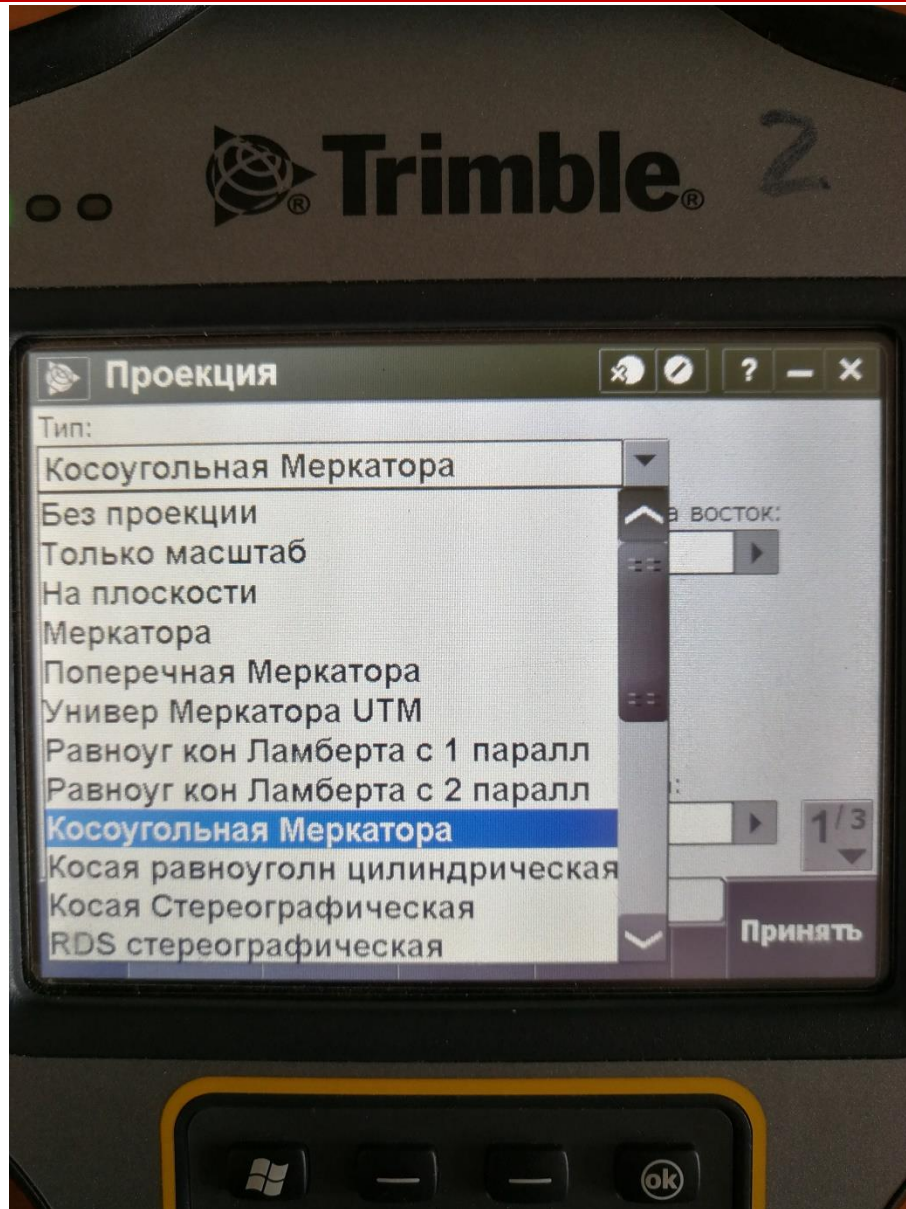




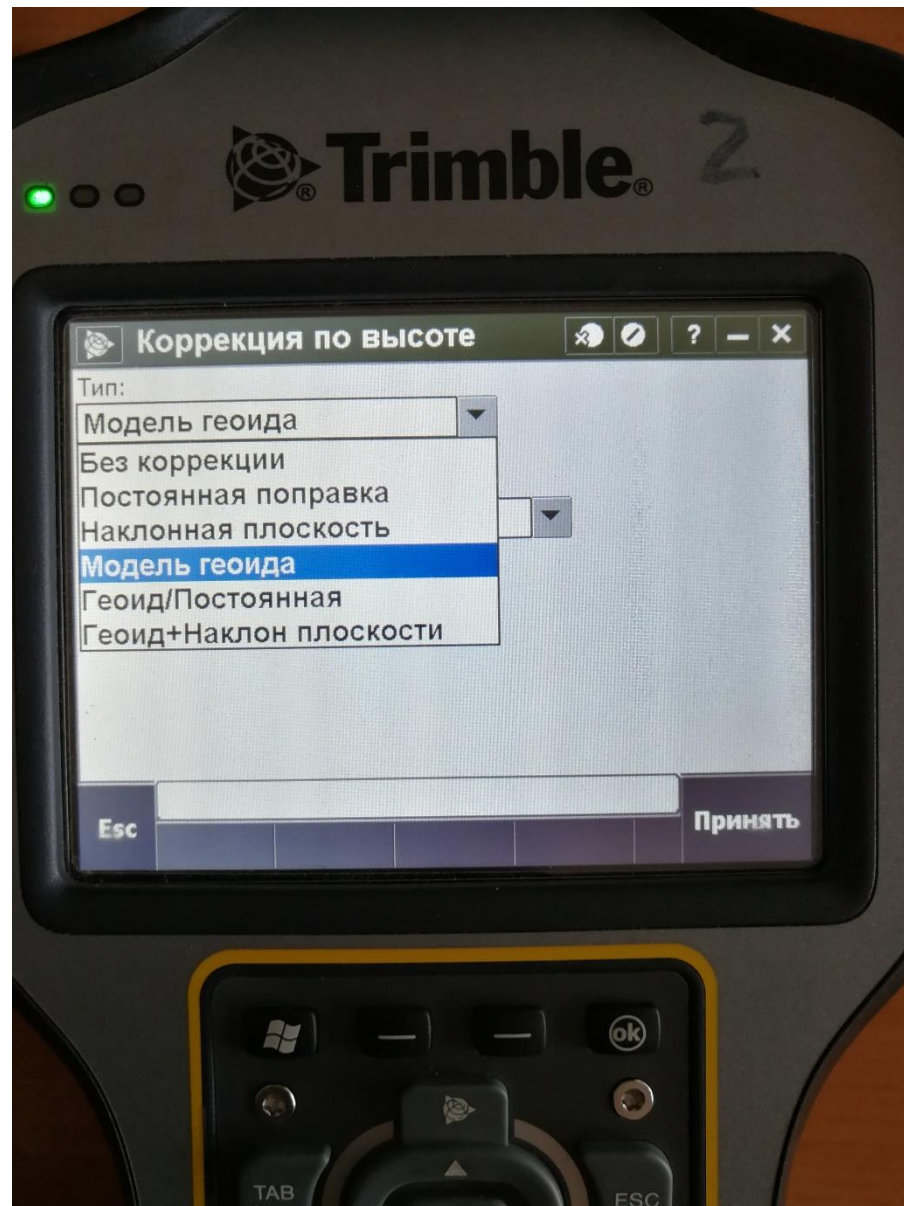
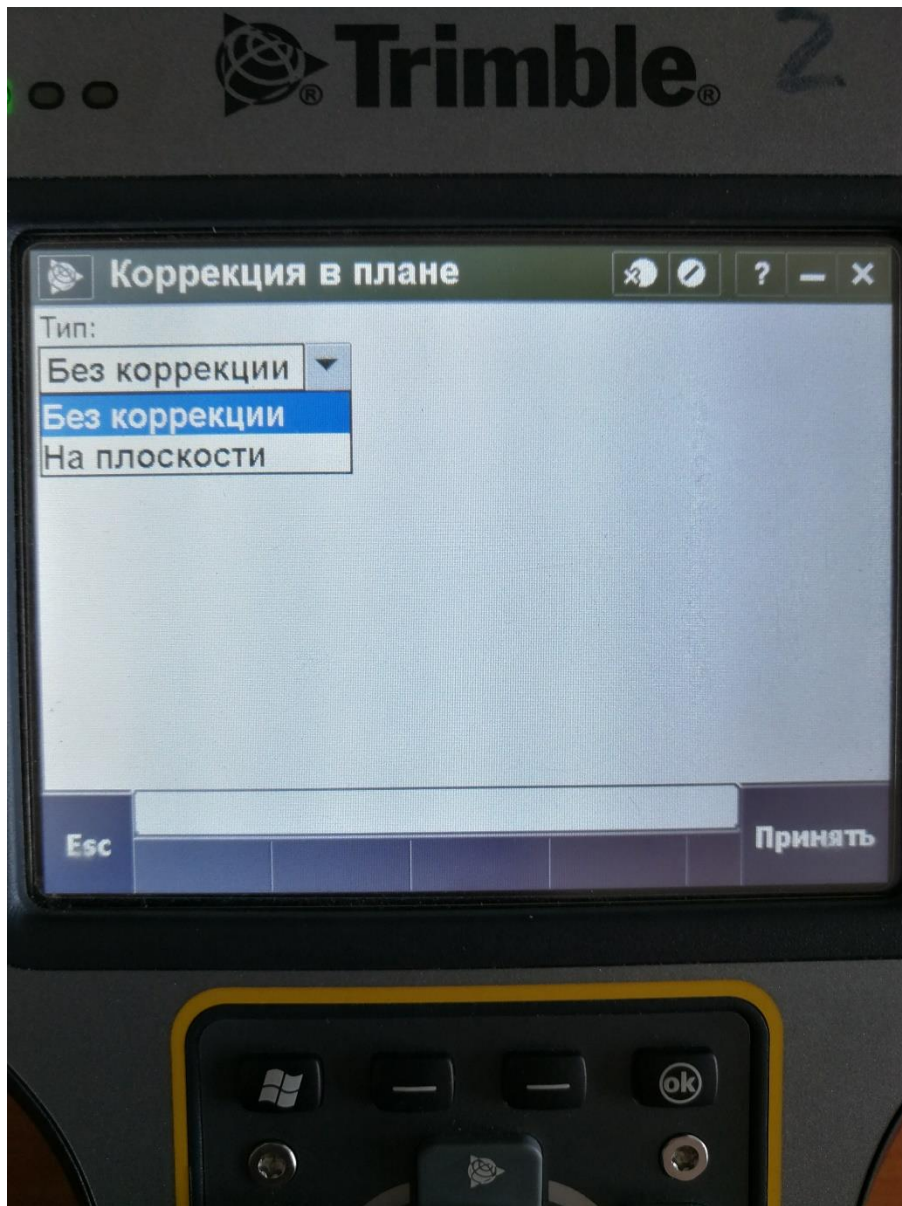
Исходные геодезические даты (4 метода)



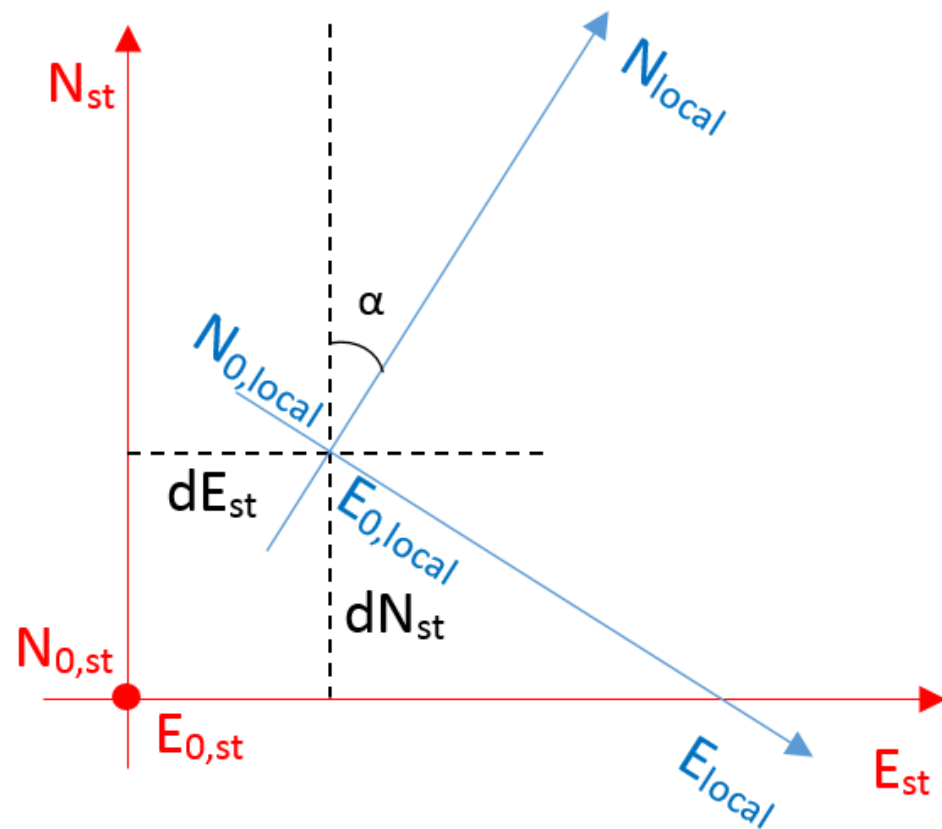
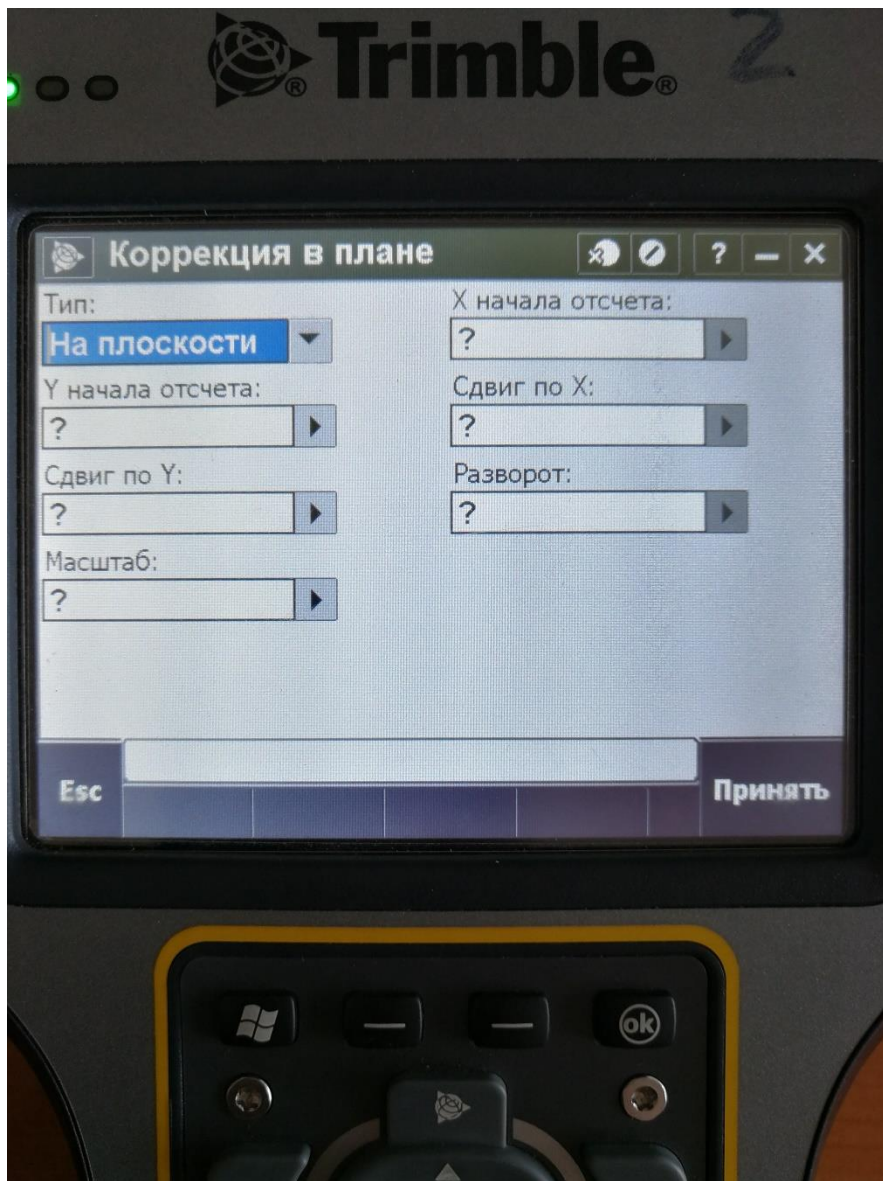
Проекции (23 шт.)



Коррекции в плане и по высоте



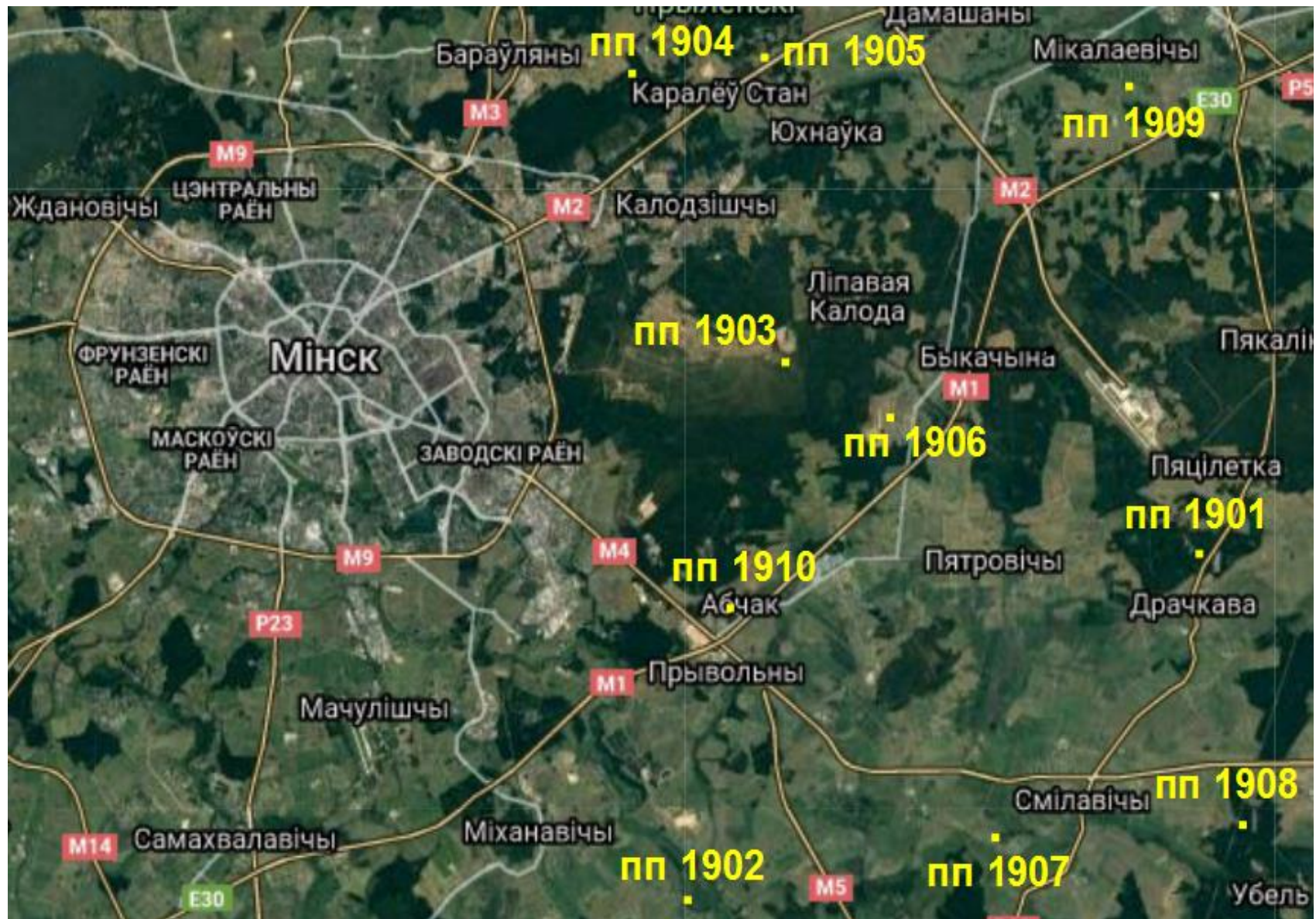
Параметры коррекции в плане



Координаты пунктов в двух СК

№ п/п	Название пункта	СК-95 зона 5		Локальная СК	
		Х, м	У, м	Х, м	У, м
1	пп 1901	5968133.715	5571220.059	-7444.535	34604.949
2	пп 1902	5954960.221	5551300.312	-20617.821	14685.132
3	пп 1903	5975044.327	5554909.575	-533.857	18294.435
4	пп 1904	5985700.939	5548793.641	10122.799	12178.531
5	пп 1905	5986352.860	5553960.724	10774.690	17345.614
6	пп 1906	5973036.526	5559036.576	-2541.626	22421.456
7	пп 1907	5957441.402	5563367.017	-18136.732	26751.847
8	пп 1908	5958054.333	5573079.570	-17523.903	36464.420
9	пп 1909	5985470.638	5568215.978	9892.378	31600.888
10	пп 1910	5965869.114	5552848.693	-9708.994	16233.543

Схема расположения пунктов на вебкарте



Метод преобразования координат Гельмерта

В данном методе углы не изменяются, а длины линий изменяются по всем направлениям с учётом единого масштабного коэффициента. При этом преобразование координат осуществляется по формулам

$$X = x_2 + m \cdot \cos(\alpha) \cdot (x - x_1) - m \cdot \sin(\alpha) \cdot (y - y_1), \quad (1)$$

$$Y = y_2 + m \cdot \sin(\alpha) \cdot (x - x_1) + m \cdot \cos(\alpha) \cdot (y - y_1), \quad (2)$$

где m – масштаб (отношение расстояний во второй СК к соответствующим расстояниям в первой СК);

α – угол разворота второй СК относительно первой;

x_1, y_1 – центр тяжести первой СК (средние арифметические значения координат по абсциссам и ординатам соответственно);

x_2, y_2 – центр тяжести второй СК (локальной СК для рассматриваемого примера);

x, y – координаты пунктов первой СК (для рассматриваемого примера координаты десяти пунктов в СК-95 зона 5);

X, Y – рассчитанные координаты во второй СК (локальной).

По исходным данным с использованием формул МНК вычислим параметры:

$$x_1 = 5971006.4075 \text{ м}; \quad x_2 = -4571.7601 \text{ м}; \quad m = 0.999998890708;$$

$$y_1 = 5559673.2145 \text{ м}; \quad y_2 = 23058.0815 \text{ м}; \quad \alpha = 0^\circ 00' 01''.$$

Метод аффинного преобразования координат

В данном методе преобразования в зависимости от положения пункта изменяются длины линий и углы. Аффинное преобразование координат из одной плоской прямоугольной системы в другую производится по формулам

$$X = x_2 + a_1 \cdot (x - x_1) + b_1 \cdot (y - y_1), \quad (3)$$

$$Y = y_2 + a_2 \cdot (x - x_1) + b_2 \cdot (y - y_1), \quad (4)$$

где a_1, a_2, b_1, b_2 – коэффициенты аффинного преобразования;
 $x_1, y_1, x_2, y_2, x, y, X, Y$ – величины, аналогичные применяемым в методе преобразования координат по Гельмерту, описанному выше.

По исходным данным с использованием формул МНК вычислим параметры преобразования:

$x_1 = 5971006.4075 \text{ м}$	$a_1 = 0.999996734750$
$y_1 = 5559673.2145 \text{ м}$	$a_2 = 0.000002365750$
$x_2 = -4571.7601 \text{ м}$	$b_1 = -0.000007195224$
$y_2 = 23058.0815 \text{ м}$	$b_2 = 1.000001405150$

Метод параллельного сдвига осей

В данном методе преобразование координат выполняется по формулам

$$X = x + (x_2 - x_1), \quad (5)$$

$$Y = y + (y_2 - y_1), \quad (6)$$

где x, y – координаты пунктов первой СК (СК-95 зона 5);

X, Y – рассчитанные координаты во второй СК (локальной).

x_1, y_1 – центр тяжести первой СК;

x_2, y_2 – центр тяжести второй СК.

Вычисленные по исходным данным координаты центров тяжести и их разности dX, dY :

$$\begin{array}{lll} x_1 = 5971006.4075 \text{ м}; & x_2 = -4571.7601 \text{ м}; & dX = -5975578.1676 \text{ м}; \\ y_1 = 5559673.2145 \text{ м}; & y_2 = 23058.0815 \text{ м}; & dY = -5536615.1330 \text{ м}. \end{array}$$

Подставив найденные параметры в (1),(2); (3),(4); (5),(6), выполняем расчёт координат X, Y для десяти точек из СК-95 в локальную СК. Затем вычисляем разность (невязки $\varepsilon_X, \varepsilon_Y$) исходных координат в локальной СК и вычисленных по формулам, а также плановую невязку для каждого пункта по формуле

$$\varepsilon^2 = (\varepsilon_X)^2 + (\varepsilon_Y)^2. \quad (7)$$

Сводная таблица плановых невязок пунктов

Название пункта	Гельмерт			Аффинное			Параллельный сдвиг		
	$\epsilon_X, \text{м}$	$\epsilon_Y, \text{м}$	$\epsilon, \text{м}$	$\epsilon_X, \text{м}$	$\epsilon_Y, \text{м}$	$\epsilon, \text{м}$	$\epsilon_X, \text{м}$	$\epsilon_Y, \text{м}$	$\epsilon, \text{м}$
пп 1901	0.045	-0.046	0.064	0.009	-0.014	0.016	0.082	-0.023	0.086
пп 1902	-0.079	0.000	0.079	-0.013	-0.003	0.013	-0.126	0.047	0.134
пп 1903	0.029	0.026	0.039	0.037	0.010	0.039	0.016	0.007	0.018
пп 1904	-0.006	0.040	0.041	0.003	-0.004	0.004	-0.028	-0.023	0.036
пп 1905	0.005	0.037	0.037	-0.007	0.005	0.008	0.002	-0.023	0.023
пп 1906	-0.016	-0.005	0.016	-0.018	-0.009	0.020	-0.016	-0.013	0.020
пп 1907	-0.031	-0.014	0.035	-0.016	0.010	0.019	-0.034	0.037	0.050
пп 1908	0.036	-0.043	0.056	0.014	0.005	0.015	0.068	0.017	0.070
пп 1909	0.047	-0.002	0.047	-0.016	0.003	0.017	0.092	-0.043	0.102
пп 1910	-0.030	0.007	0.031	0.006	-0.005	0.008	-0.060	0.017	0.062
$\Sigma \epsilon^2$			0.0227			0.0034			0.0495
μ			0.0502			0.0193			0.0742

Leica Captivate для контроллеров CS20

код: 48319



Leica Captivate TS Hidden Point...

30 000 р.

Съёмка скрытых точек с использованием специальной вешки с двумя минипризмами.

код: 48312



Leica Captivate Measure Plane ...

44 000 р.

Опорная плоскость и сканирование по сетке.

код: 48313



Leica Captivate Area Division CS...

44 000 р.

Разделение площади.

код: 48314



Leica Captivate DTM Stakeout C...

44 000 р.

Вынос в натуру по ЦММ.

код: 48315



Leica Captivate Volume Calculat...

44 000 р.

Вычисление объёмов по данным традиционных измерений в поле.

код: 48320



Leica Captivate Traverse CS20

44 000 р.

Проложение и уравнивание тахеометрического хода.

код: 48321



Leica Captivate Sets of Angles C...

44 000 р.

Автоматическое выполнение круговых приёмов (только для TS16 с функцией ATRplus и любым тахеометром NOVA).

код: 48311

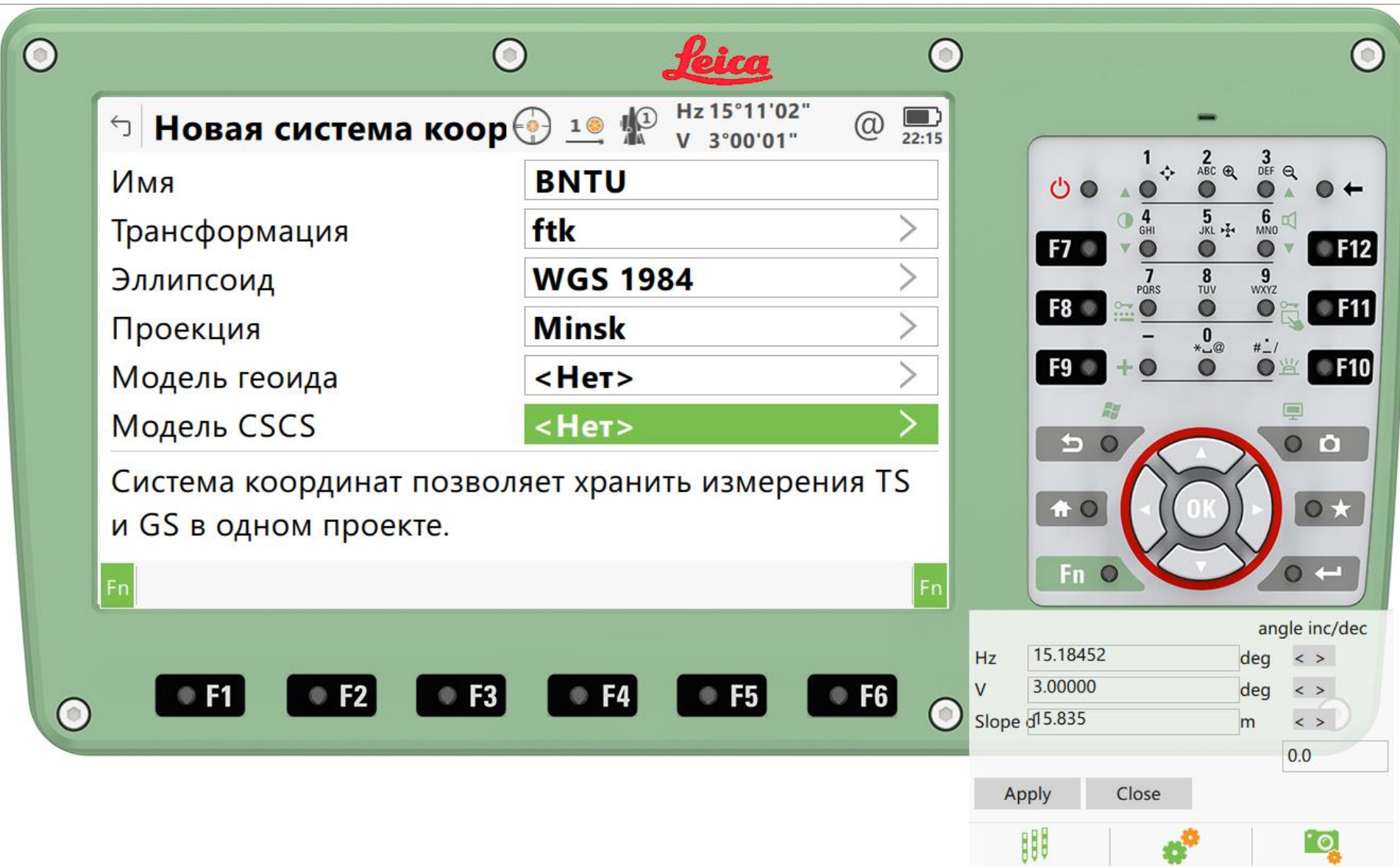


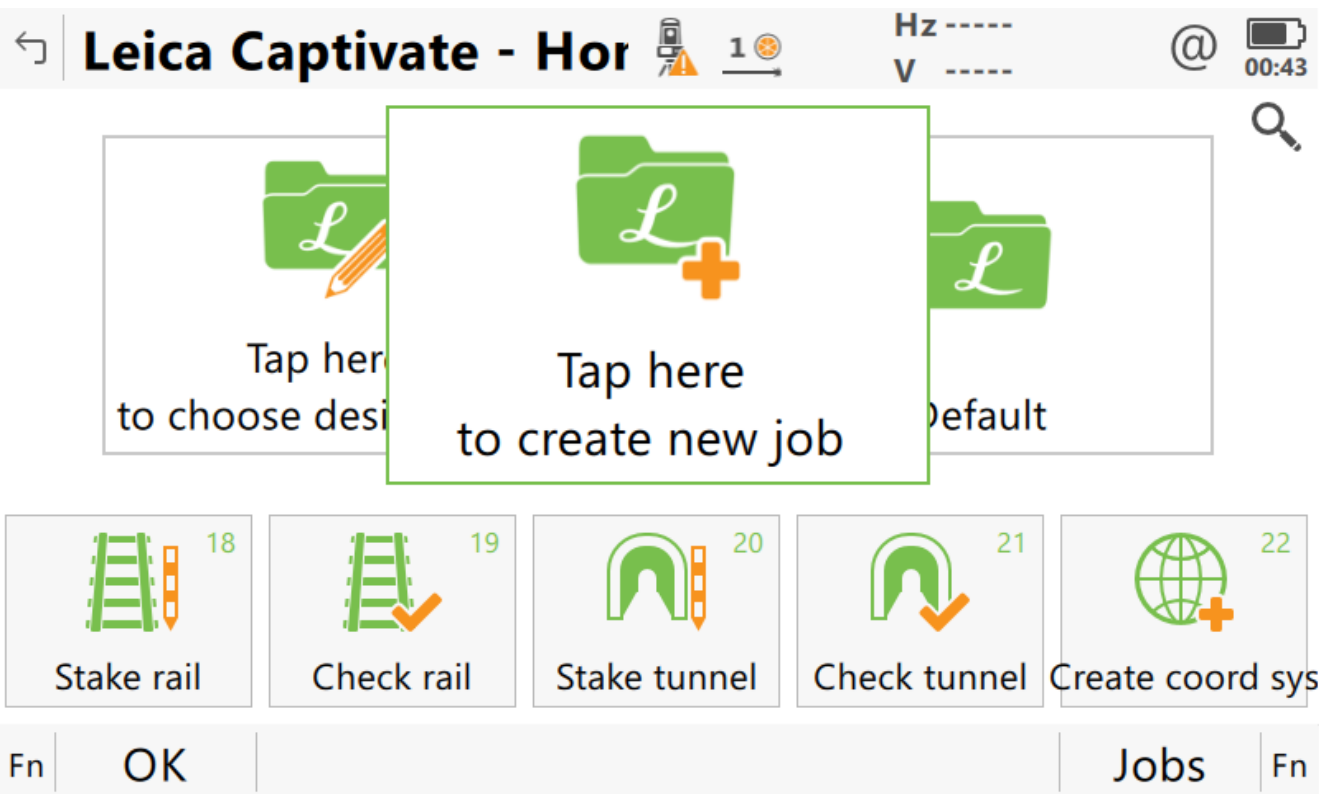
Leica Captivate Measure Stake L...

52 800 р.

Съёмка и разбивка относительно линейных элементов.

Leica Captivate TS







Автоматизация в геодезическом производстве



Leica Geosystems Software developer Jobs

Hiring? [Post a Job](#)

 software developer


 City, State, or Zip

Find Jobs

 Filter your search results by job function, title, or location.

 Filter

Found **16** of 80 job openings.

Sort: All Results 



Software Developer - Agtek

Hexagon Geosystems – Livermore, CA

\$73K-\$130K (Glassdoor est.) ⓘ



1 day ago



Senior Software Developer - Agtek

Hexagon Geosystems – Livermore, CA

\$105K-\$180K (Glassdoor est.) ⓘ



2 days ago



Senior Full-stack Web Developer

Hexagon Geosystems – Tucson, AZ

\$70K-\$146K (Glassdoor est.) ⓘ



19 days ago



Senior Software Engineer

Hexagon Geosystems – Tucson, AZ

\$82K-\$159K (Glassdoor est.) ⓘ



7 days ago

Спасибо за внимание!