



## Лазерное сканирование с БПЛА. Основные преимущества использования сканеров *RIEGL*

X Международная научно-практическая конференция  
«Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка. На рубеже веков»!



# Оптимальные нагрузки для БПЛА



RIEGL  
miniVUX-1UAV



RIEGL  
VUX-1UAV  
VUX-1LR



RIEGL  
miniVUX-1DL



RIEGL VUX-240



Мультироторные БПЛА



БПЛА самолётного типа



# RIEGL M600Kit – готовое решение

- Полезная нагрузка до 5 кг

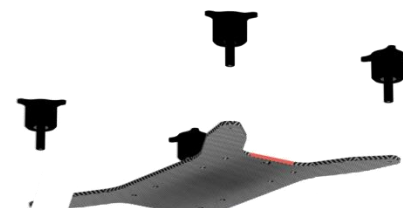


DJI Matrice 600 Pro

GNSS антенна



крепление



блок контроля и управления



INS + сканер  
RIEGL miniVUX-1UAV

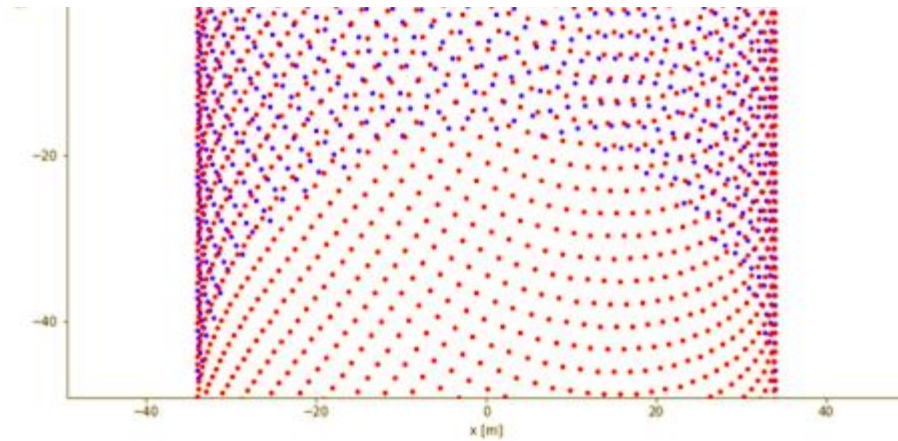
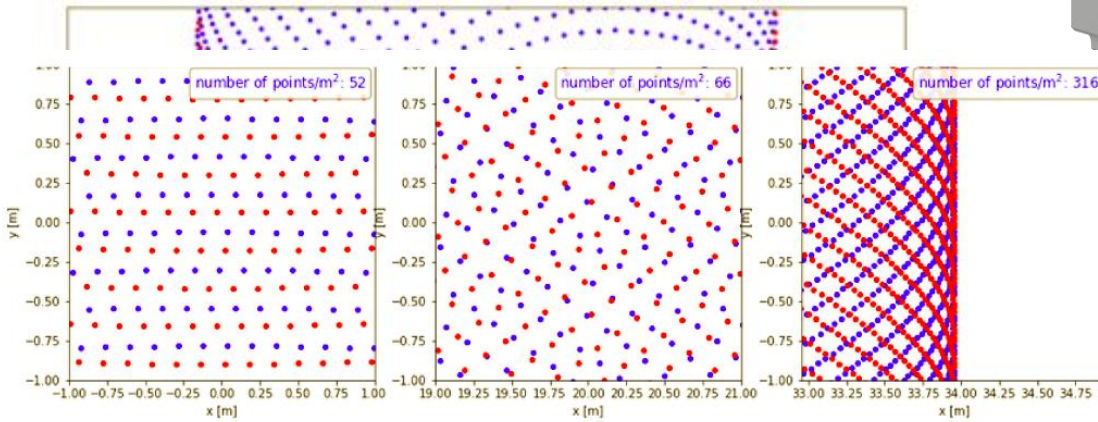
фотокамера







# RIEGL miniVUX-1DL






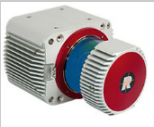
- AGL 80 м
- Скорость 18 м/с, 65км/ч
- PRR 100 кГц
- LPS 75 Гц
- 52 т/м<sup>2</sup> \ 66 т/м<sup>2</sup> \ 316 т/м<sup>2</sup>



	miniVUX-1UAV	miniVUX-1DL	VUX-1UAV*
PRR	100 kHz	100 kHz	100 kHz
FoV	360°	46°	360°
AGL	75 м	75 м	75 м
Скорость полёта	5 м/с	5 м/с	5 м/с
Плотность точек	35 т/м <sup>2</sup>	~350 т/м <sup>2</sup>	200 т/м <sup>2</sup>
Вес сканера	1.6 кг	2.4 кг	3.75 кг
Вес VUX-SYS с APX-15/-20*	1.70 кг	2.5 кг	4.25 кг*
Камера Sony A6000	0.35 кг	0.35 кг	2x0.35 кг
Integration Kit	~0.70 кг	~0.70 кг	~0.90 кг*
<b>ИТОГО вес пол. нагрузки</b>	<b>2.75 кг</b>	<b>3.55 кг</b>	<b>5.85 кг*</b>







# Лазерные сканеры *RIEGL* для БПЛА

	RIEGL miniVUX-1UAV	RIEGL miniVUX-1DL	RIEGL VUX-1UAV	RIEGL VUX-1LR
				
Тип и класс лазера	ИК, Класс 1	ИК, Класс 1	ИК, Класс 1	ИК, Класс 1
Частота измерений	100кГц	100кГц	550кГц	820кГц
Рекомендованная рабочая высота полета	80м	80м	350м	530м
Кол-во эхо-отражений	5	5	∞	∞
Точность дальномера	10мм	10мм	5мм	10мм
Угол поля зрения	360°	±23°	330°	
Размер	243 x 111 x 85мм	232 x 99 x 123мм	227 x 180 x 129мм	
Вес	1.6кг	2.4кг	3.75кг	
Питание	11-34В пост. тока			
Диапазон рабочих температур	От -10°C до +40°C			

Высокая компактность, производительность сканеров и точность получаемых данных



## Характеристики сканеров *RIEGL*

	RIEGL miniVUX-1UAV	RIEGL miniVUX-1DL	RIEGL VUX-1UAV	RIEGL VUX-1LR
				
Частота измерений	100кГц	100кГц	550кГц	820кГц
Угол поля зрения	360°	46°	330°	330°
Высота полета	75м			
Скорость полета	18км/ч			
Плотность точек на 1кв.м	39	200	215	329

Высокая компактность, производительность сканеров и точность получаемых данных

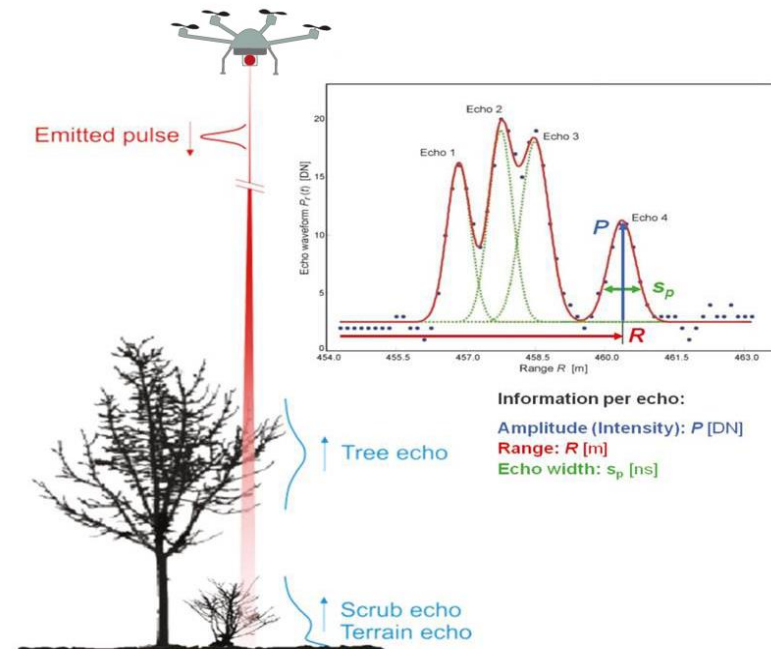




# Высокая степень проникновения сигнала

## Технология Online Waveform Processing:

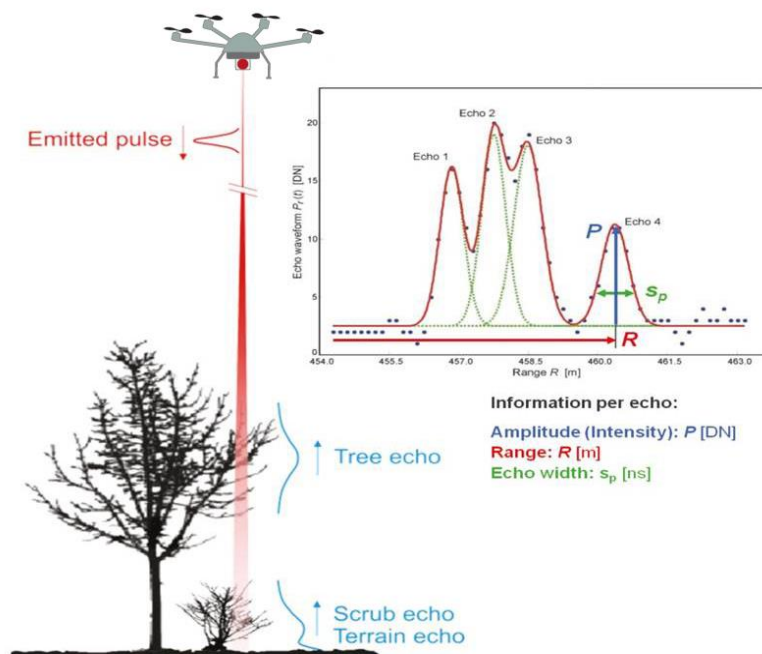
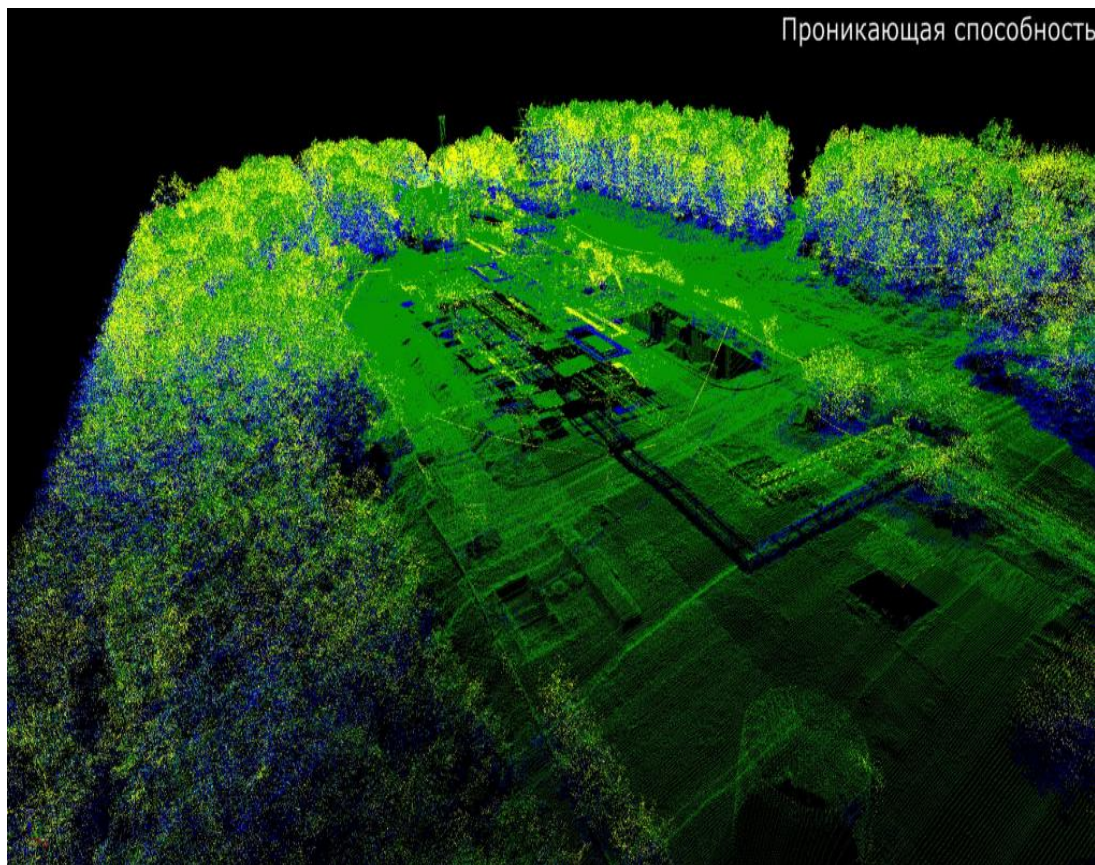
- Множественность отражений
- Высокая точность измерений
- Калиброванный показатель коэффициента отражения







# Множественность отражений в данных *RIEGL*



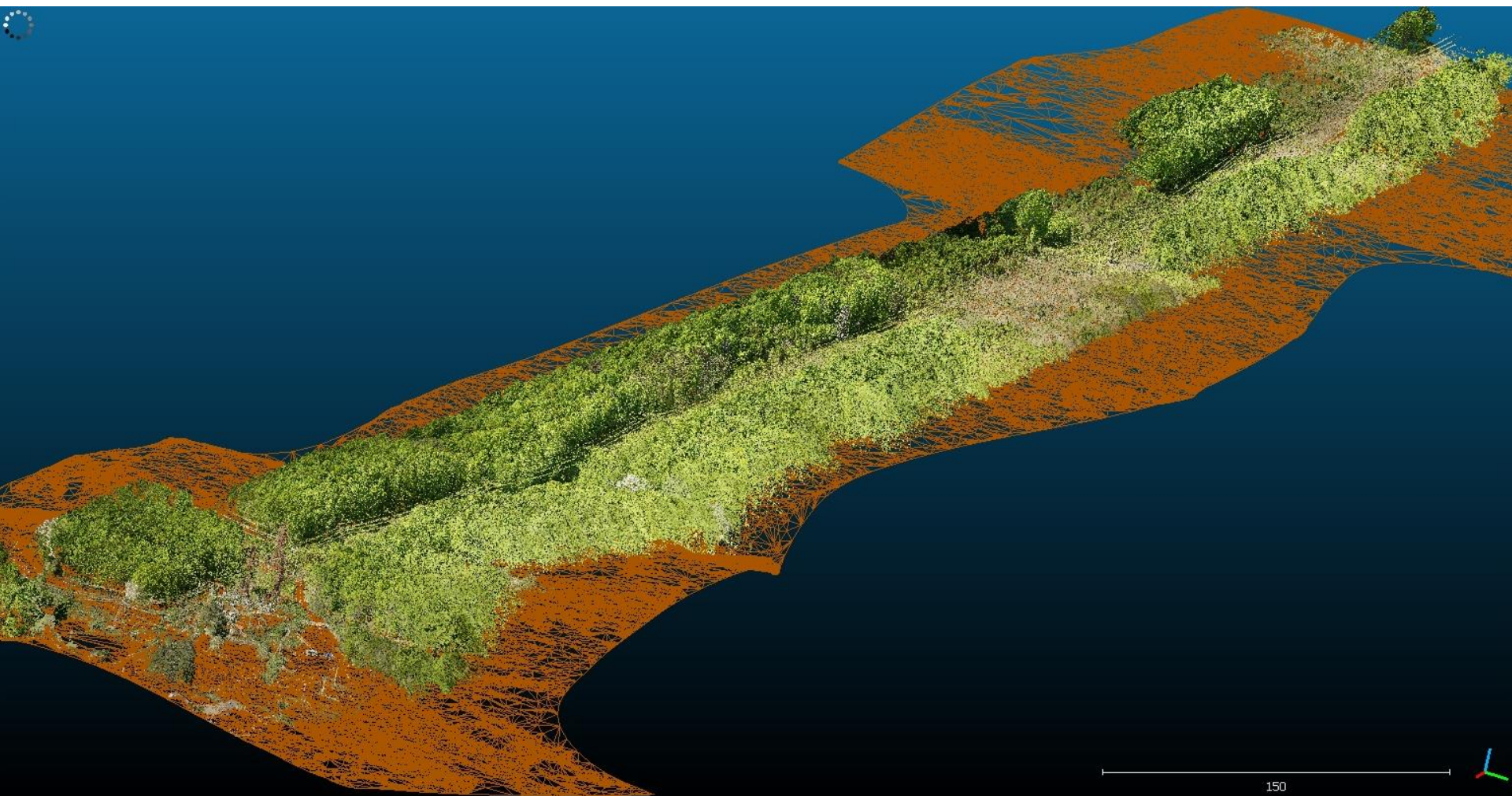
- ✓ - единственное отражение
- ✓ - первое отражение
- ✓ - промежуточные отражения
- ✓ - последнее отражение





# Высокая степень проникновения сигнала

Практический пример: общий 3D вид

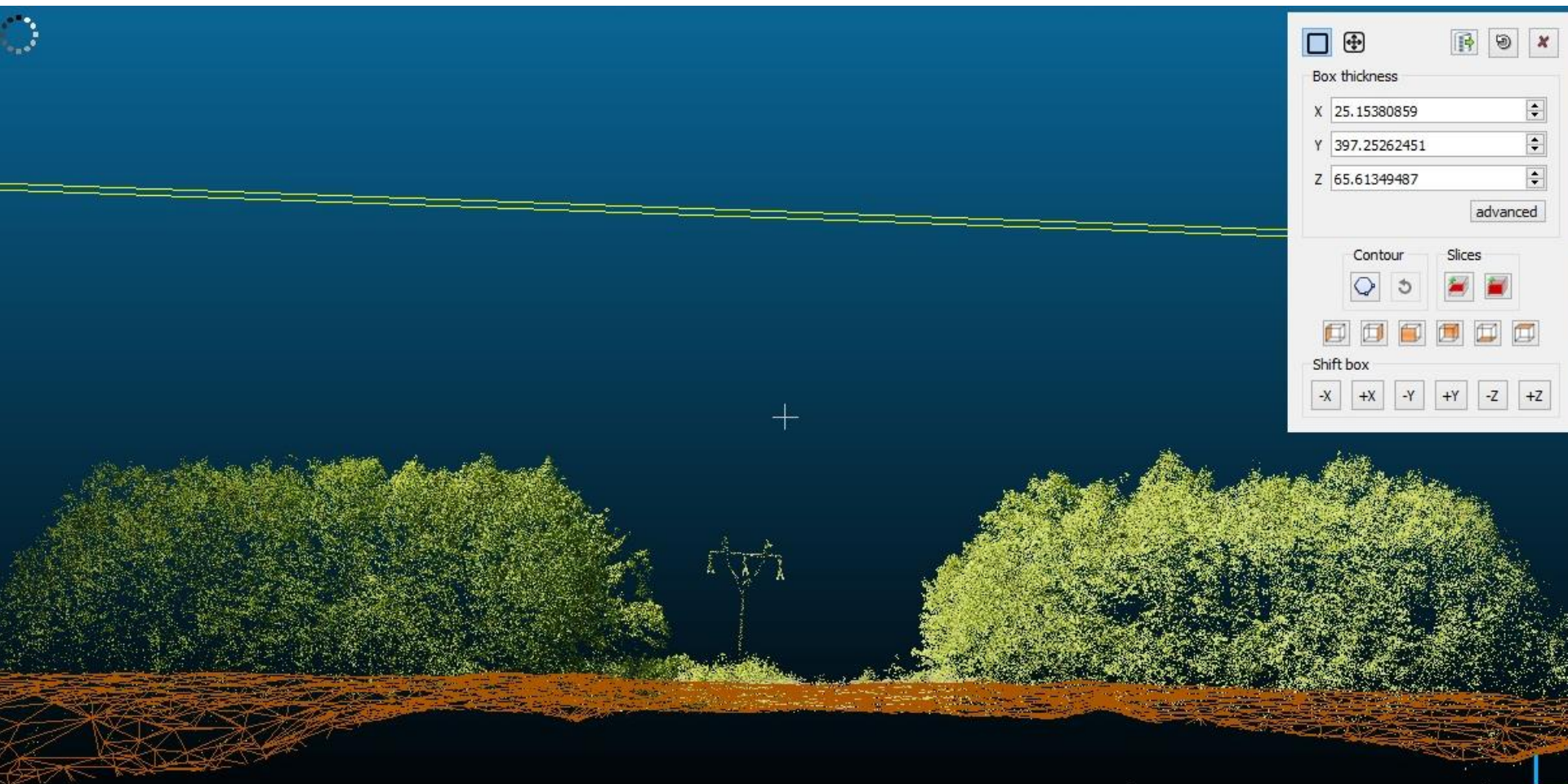






# Высокая степень проникновения сигнала

Практический пример: сечение





# Высокая степень проникновения сигнала

Практический пример: сечение

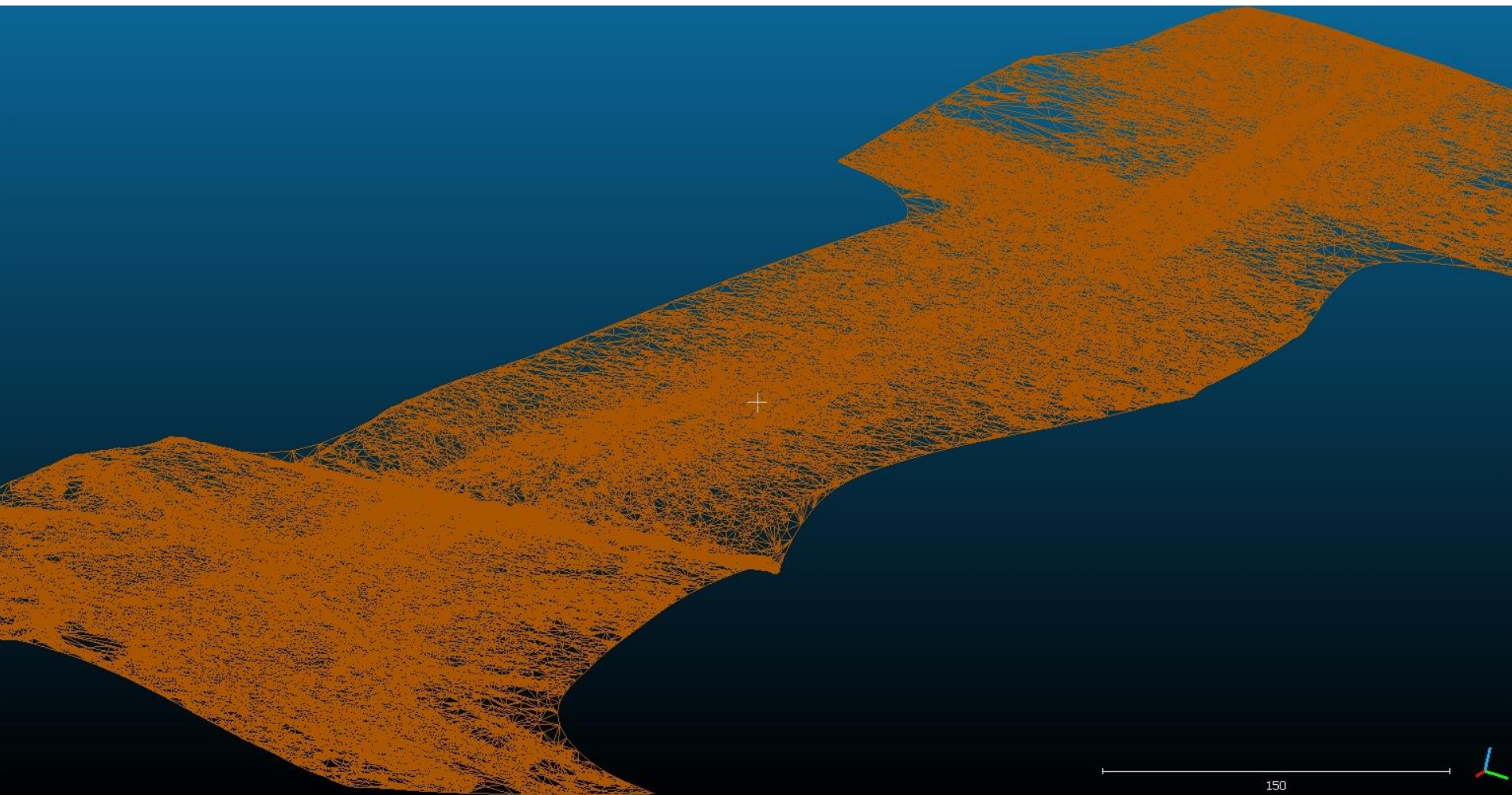






# Высокая степень проникновения сигнала

Практический пример: ЦМР





# Высокая степень проникновения сигнала

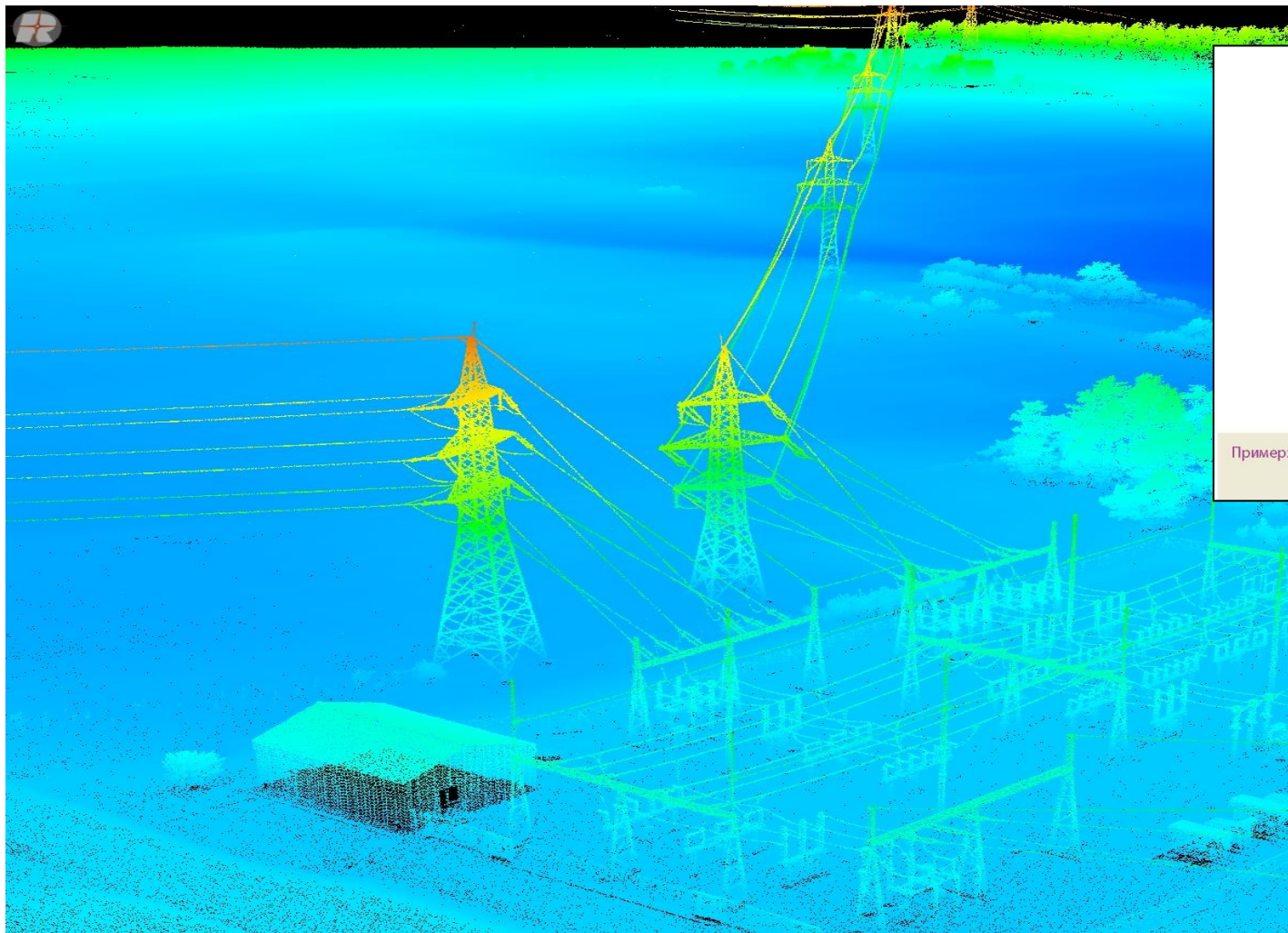
Практический пример: растительность и прочие элементы







# Высокая точность и детальность



**360° FOV**

Пример: miniVUX-1 UAV при 100,000 импульсов/секунду  
 дальность до цели = 100 м, скорость = 4 м/с  
 Плотность точек ~ 40 точек/м<sup>2</sup>



# Test Certificate

**Model:** *RIEGL miniVUX-1UAV*

**Serial No:**  **first delivery**

**Date:** 23.02.2018  **service / repair**

**Range Measurement Performance:**

laser pulse repetition rate (rounded values)	mean amplitude [dB] meas. Dist. ≈ 130 m diffuse reflectance $\rho_{\text{target}} \approx 100\%$	specified maximum distance		calculated maximum distance <sup>1) 2) 3)</sup>		OK
		$\rho = 60\%$	$\rho = 20\%$	$\rho = 60\%$	$\rho = 20\%$	
100 kHz	<i>17,55</i>	250 m	150 m	<i>468m</i>	<i>285m</i>	<input checked="" type="checkbox"/>

1) Taking into account an atmospheric visibility in excess of 10 km.  
 2) For minimum amplitude of more than 3 dB.  
 3) Moderate ambient light conditions.

**Measurement Accuracy and Precision:**

target plate	nominal value	measured value	specified accuracy	standard deviation (1s)	specified precision	OK
$\rho \geq 80\%$	50,000 m	<i>50,000m</i>	+/- 15 mm	<i>0,003m</i>	+/- 10 mm	<input checked="" type="checkbox"/>

Точность <sup>4) 6)</sup>	15 мм
Повторяемость <sup>5) 6)</sup>	10 мм
Частота повторения импульсов <sup>1)</sup>	100 кГц
Макс. эффективная скорость измерений <sup>1)</sup>	до 100 000 изм./сек. (частота импульсов 100 кГц, поле зрения 360°)





# RiPRECISION ULS – уравнивание

## ➤ Проект:

- Объем данных 546 млн.т
- Площадь 1 км<sup>2</sup>
- Перекрытие сканов 40%

## ➤ Параметры уравнивания

- Извлечение элементов из облака 10 мин
- Найденные элементы уравнивания 1 млн
- Уравнивание RiPRECISION ULS **25 мин**

Полностью автоматизированный процесс уравнивания данных

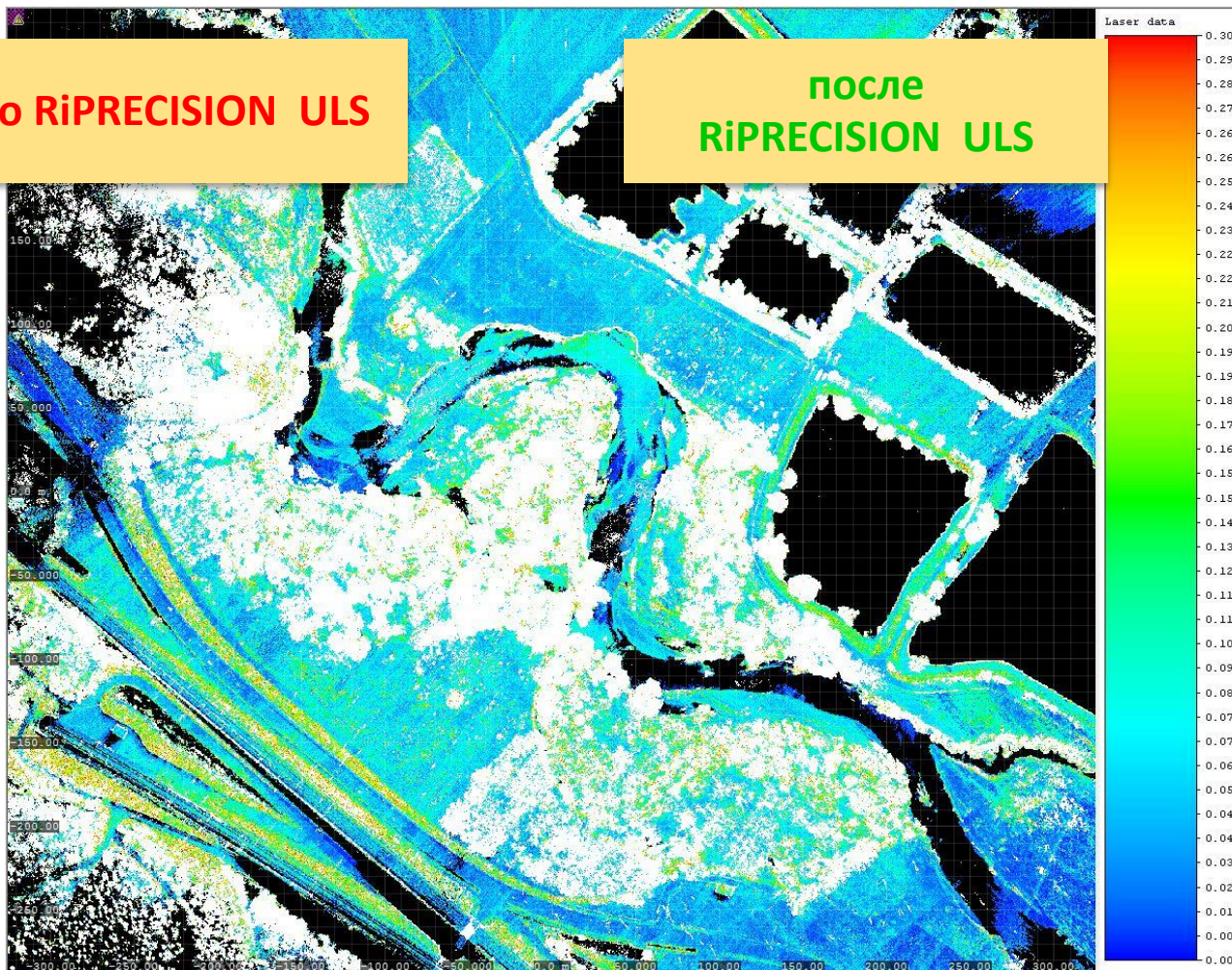




# RiPRECISION ULS – уравнивание

до RiPRECISION ULS

после  
RiPRECISION ULS



30 см

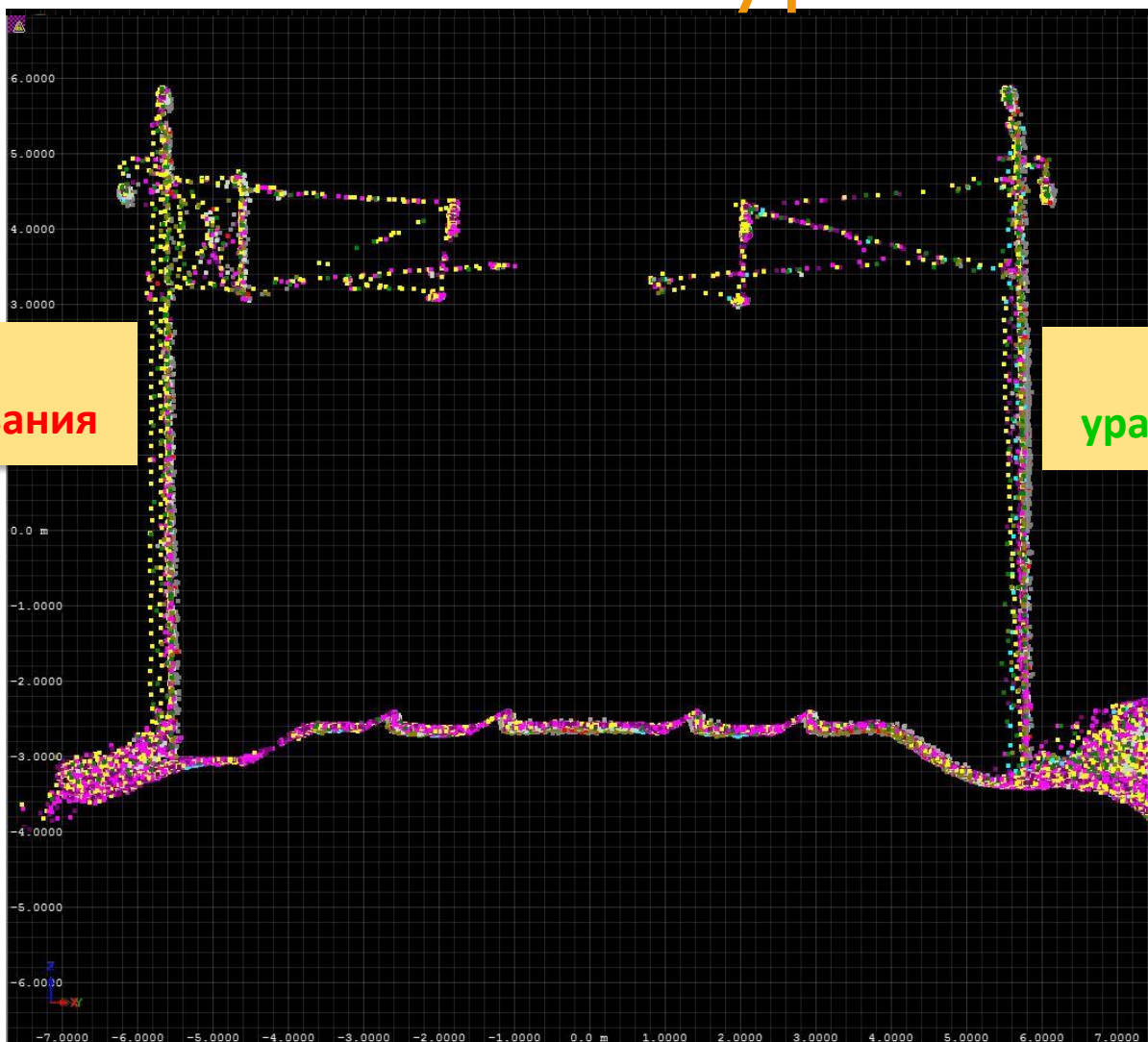
5 см



# RIPRECISION ULS – уравнивание

до  
уравнивания

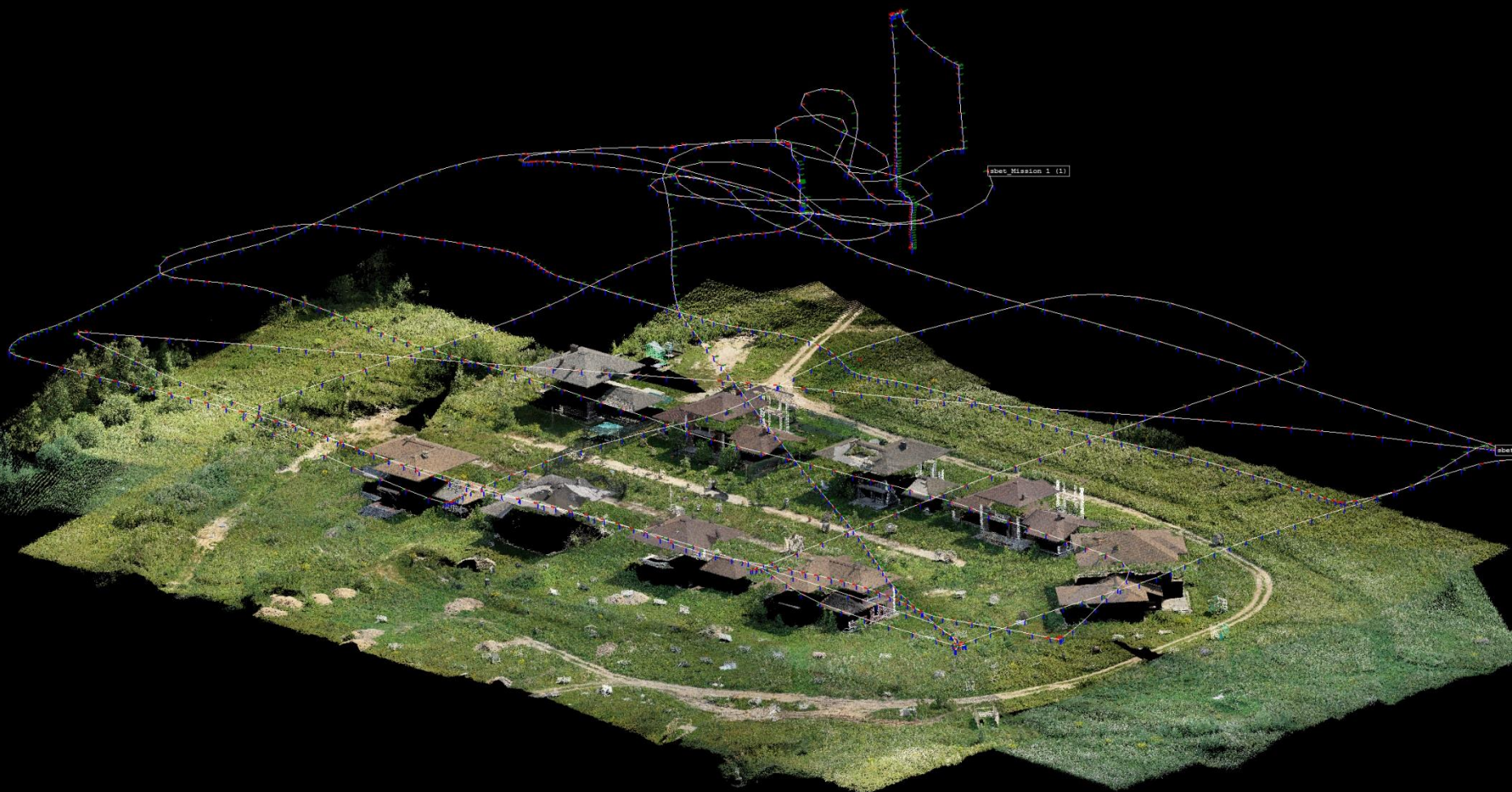
после  
уравнивания







# Высокая точность и детальность







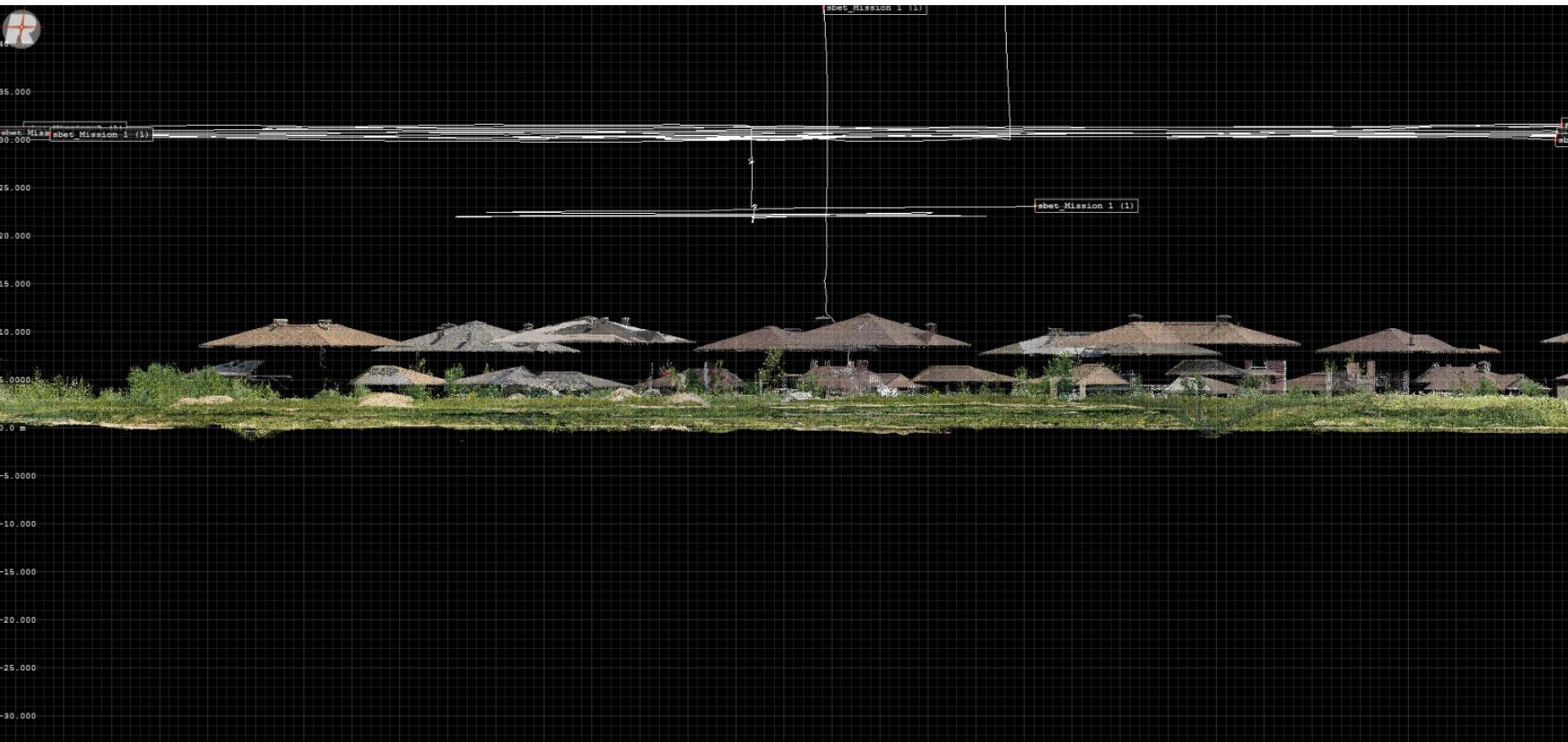
# Высокая точность и детальность



RiPRECISION ULS – уравнивание



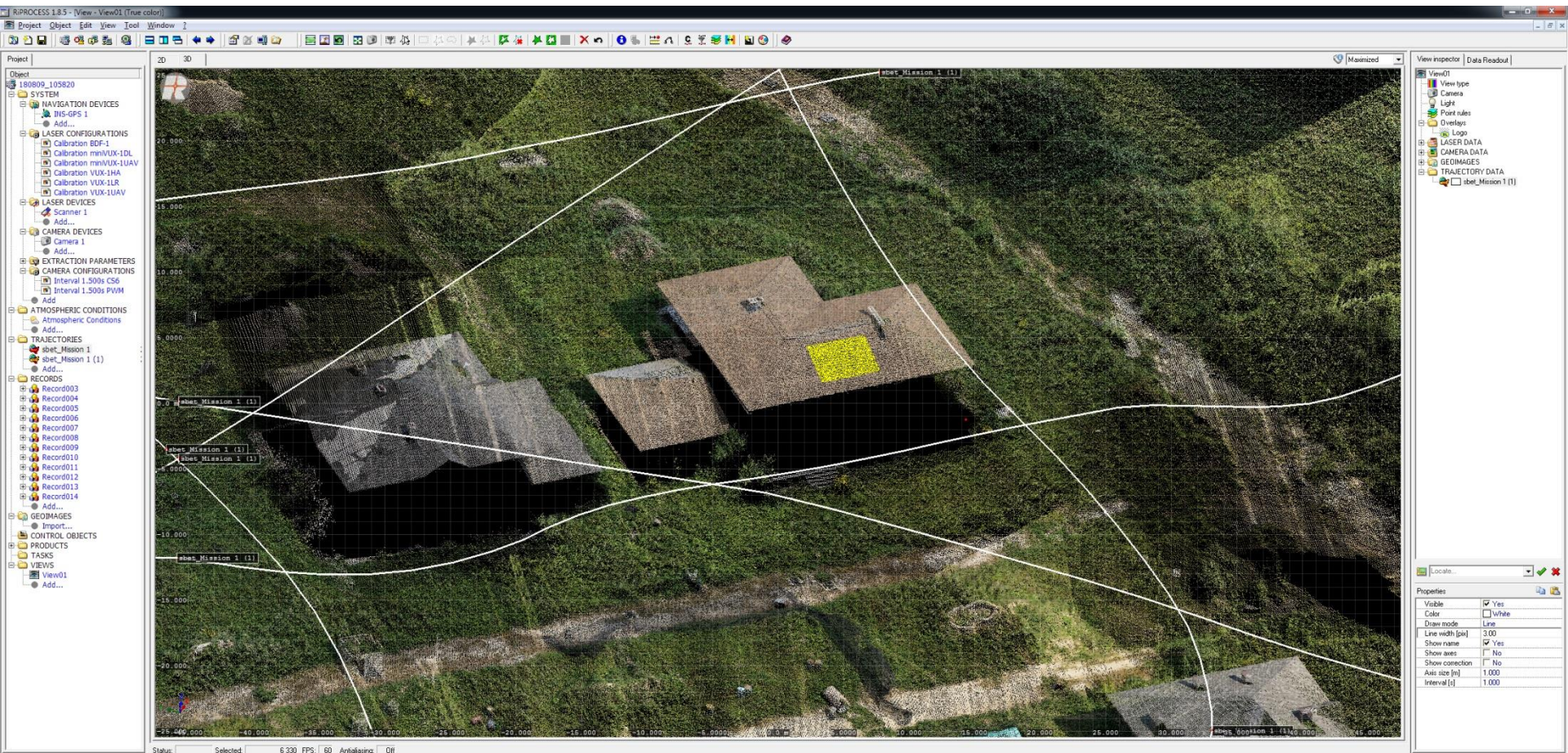
# Высокая точность и детальность







# Высокая точность и детальность



Project "D:\minVUX-1UAV\calbr\_flight3\180809\_105820\180809\_105820.rpp" closed  
 Load project "d:\minvux-1uav\calbr\_flight3\180809\_105820\180809\_105820.rpp"...  
 00:00.145 seconds for parsing the project (253.8 KB)  
 (No project file paths updated)  
 RPROCESS v1.8.5: Project loaded on MLS-PC  
 Server(s) detected: MLS-PC  
 Using plugin "RGeoImage v1.1.4" from "C:\Program Files (x86)\RegLMS\RPROCESS\PLUGINS\RGeoImage1.dl".  
 Plugin "RGeoImage v1.1.4" is used & verified.





# Высокая точность и детальность

Calculation results...

Statistics | Charts | Units: [m] [deg] [0..65535] [dB] | Amplitude

PLANE

	X	Y	Z
Plane position:	66.113304	-26.841328	209.386719
Plane normal vector:	-0.256214	-0.238995	0.936609
Inclination angle:	20.510		

Copy to clipboard

STATISTICS

	Min	Max	Max - Min	StdDev	Mean
PRCS X:	63.340000	68.847748	5.507748	1.182999	66.113301
PRCS Y:	-29.648500	-24.019751	5.628750	1.207105	-26.841328
PRCS Z:	208.770996	209.982254	1.211258	0.346794	209.386725
Latitude:	55.580120	55.580171	0.000051	0.000010	55.580145
Longitude:	37.418134	37.418221	0.000087	0.000019	37.418178
Altitude:	208.771366	209.982652	1.211286	0.346798	209.387123
Amplitude:	2068.000000	2591.000000	523.000000	98.055188	2374.449763
Reflectance:	-10.330000	-6.880000	3.450000	0.509040	-8.209480

Number of points: 6330

Number of LASER DATA objects: 3

Deviations:

Name	Record	Count	Min.	Max.	Max - Min	Std.Dev.	Mean
180809_114425_Scan...	Record012	1530	-0.013902	0.012401	0.026303	0.003824	-0.002524
180809_114136_Scan...	Record008	2172	-0.015185	0.016752	0.031937	0.004425	-0.000273
180809_113826_Scan...	Record005	2628	-0.012262	0.015517	0.027780	0.004400	0.001679
<b>TOTAL</b>		<b>6330</b>	<b>-0.015185</b>	<b>0.016752</b>	<b>0.031937</b>	<b>0.004585</b>	<b>-0.000007</b>

OK Cancel Help

	Min	StdDev	Mean
8	1.182999	66.113301	
0	1.207105	-26.841328	
8	0.346794	209.386725	
1	0.000010	55.580145	
7	0.000019	37.418178	
6	0.346798	209.387123	
000	98.055188	2374.449763	
0	0.509040	-8.209480	

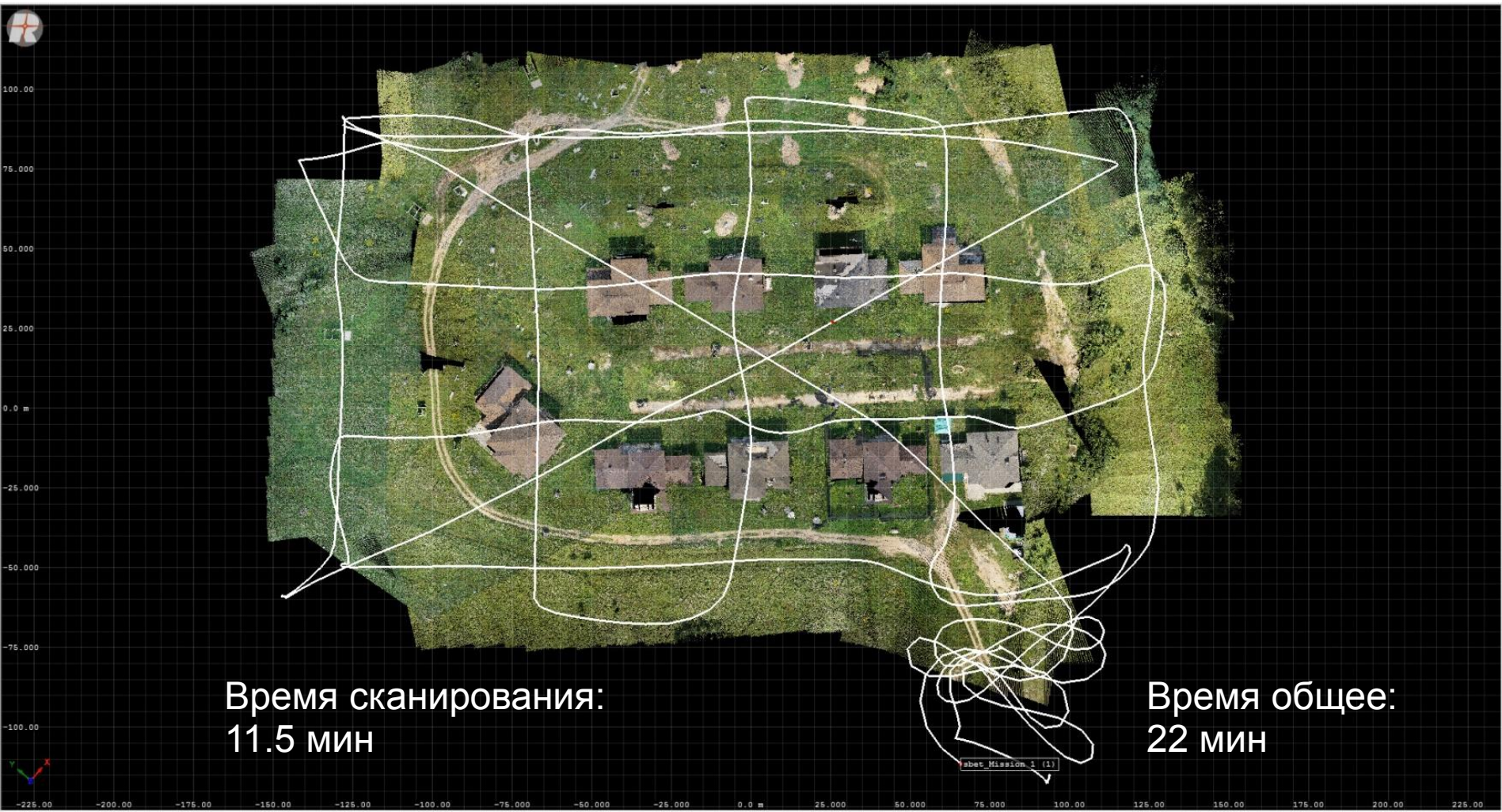
Number of points: 6330

Number of LASER DATA objects: 3

Count	Min.	Max.	Max - Min	Std.Dev.	Mean
1530	-0.013902	0.012401	0.026303	0.003824	-0.002524
2172	-0.015185	0.016752	0.031937	0.004425	-0.000273
2628	-0.012262	0.015517	0.027780	0.004400	0.001679
6330	-0.015185	0.016752	0.031937	0.004585	-0.000007



# Высокая производительность







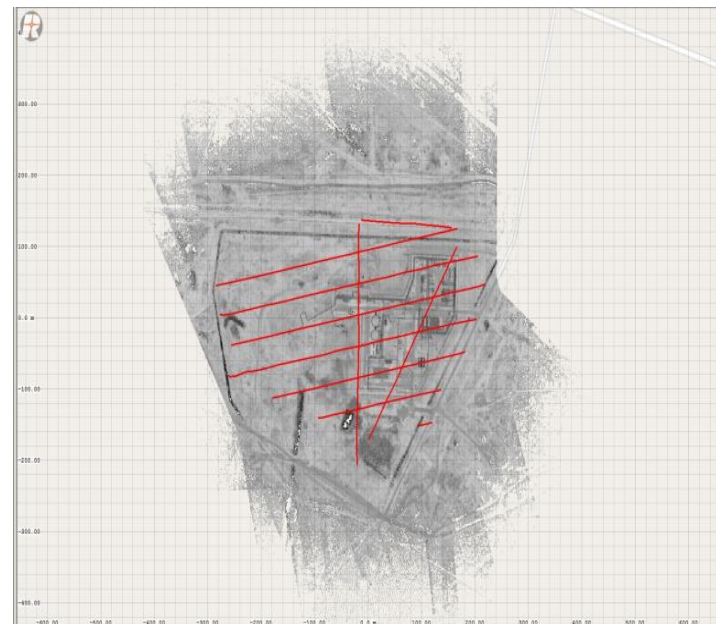
## Методика съемки БПЛА со сканером

1. Запуск ГНСС-базы. (ожидание 5 минут)
2. Включение БПЛА и системы INS RIEGL-SYS  
(Статика: 5 минут)
3. Подъем БПЛА в воздух и динамика (2-3 минуты)
4. **Выполнение сканирования в авто/ручном режиме**
5. Динамика (2-3 минуты) и посадка БПЛА
6. Автоматическое выключение сканера RIEGL  
(Статика: 5 минут)
7. Выключение ГНСС-базы через 5 минут.



# Установка подготовки газа

Продолжительность записи траектории	15мин 29сек
Продолжительность сканирования	6мин 8сек
Высота полета	60м
Скорость полета	30-36км/ч
Всего точек измерено	15 341 252
Всего галсов/записей	10
Интервал галсов	43м
Кол-во фотоснимков	247

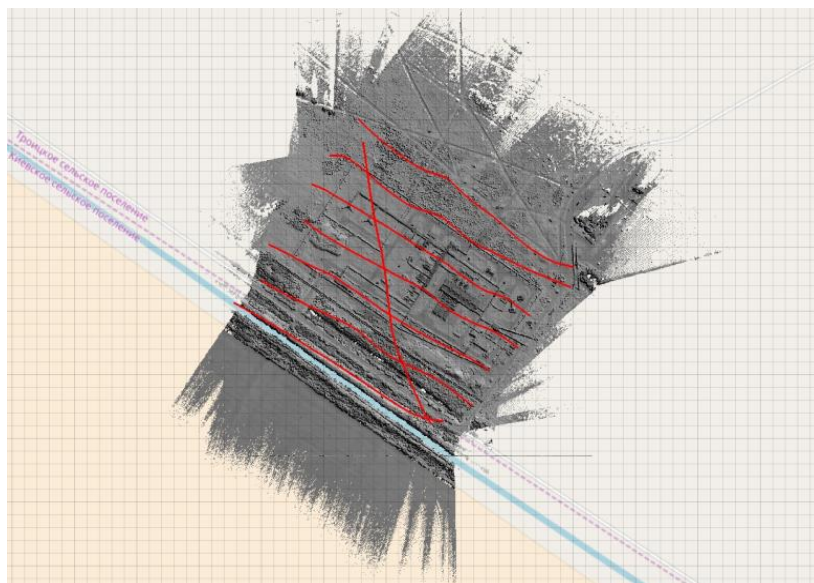






# Компрессорная станция

Продолжительность записи траектории	17мин 30сек
Продолжительность сканирования	6мин 47сек
Высота полета	50м
Скорость полета	30-40км/ч
Всего точек измерено	17 317 920
Всего галсов/записей	8
Интервал галсов	50м (ручное пилотирование)
Кол-во фотоснимков	268

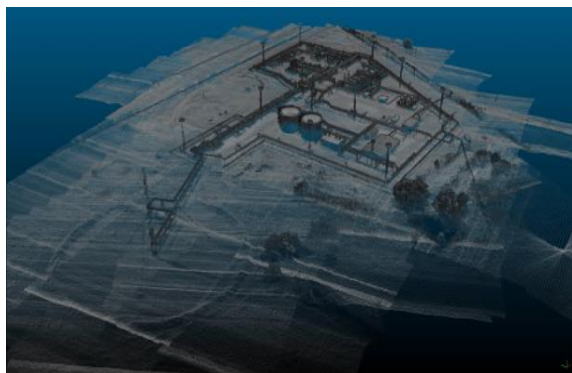




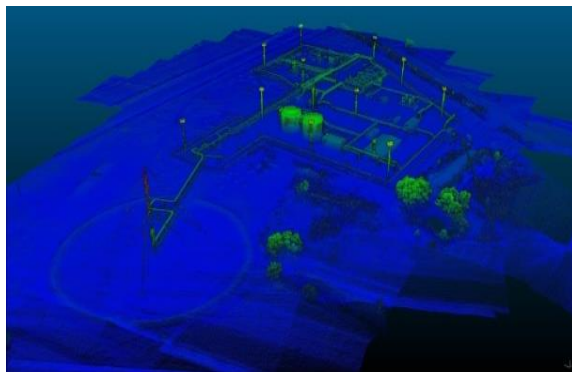
# Варианты представления 3D данных



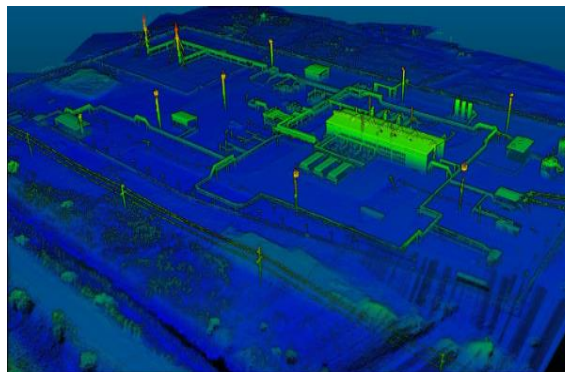
Натуральные цвета



Коэффициент  
отражения



Расцветка по высоте







## Преимущества использования воздушных лазерных сканирующих систем *RIEGL*



Количество точек 21 713 314

Время съемки 6 мин 37 сек

Скорость полета 26 км/ч

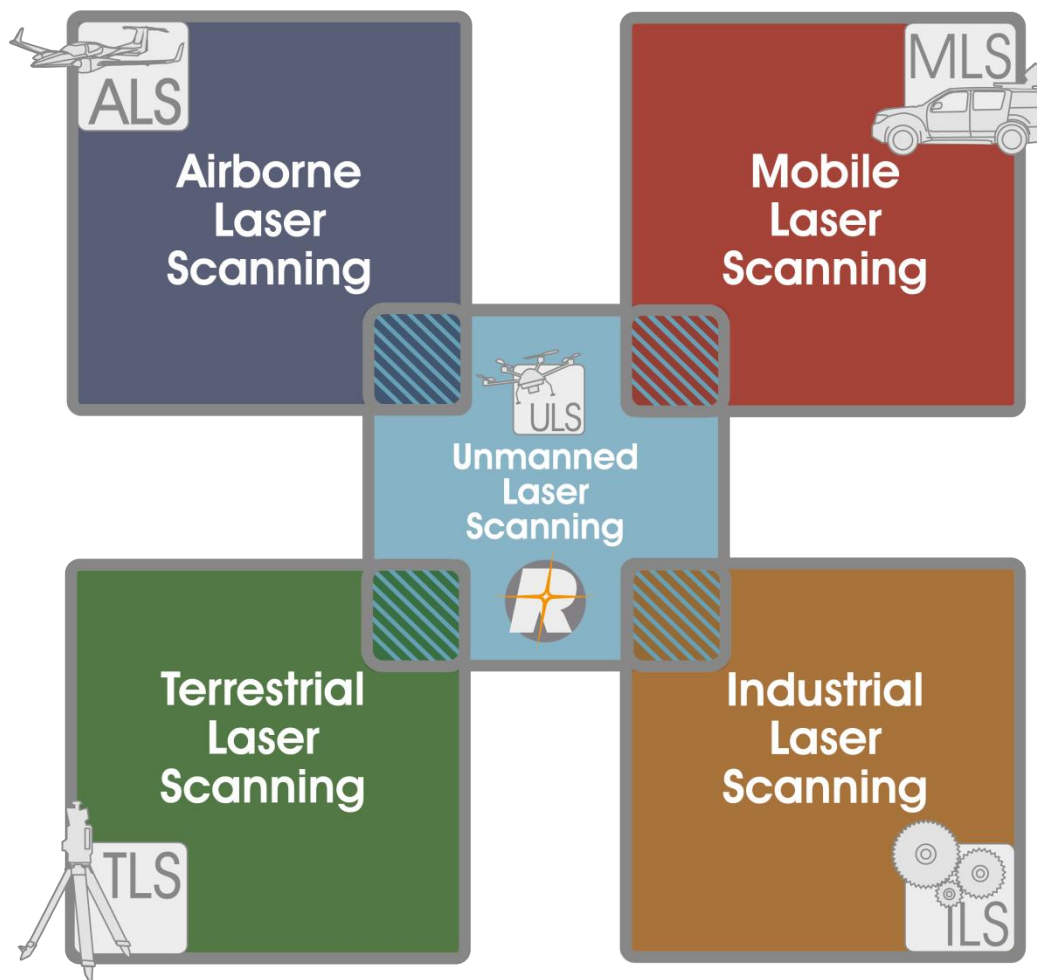
Высота полета 60 м

Фотографий 267

- Измерения сквозь растительность (прямые измерения)
- Возможность выполнения работ при ограниченной видимости
- Свобода в выборе высоты и скорости полета
- Выбор типа носителя
- Не требуется наличие опознаков на местности
- Автоматизация процесса полевых и камеральных работ
- Оперативность получения результата



# Измерительное оборудование *RIEGL*







# Спасибо за внимание!

«АртГео», Москва

+7 (495) 781-7888

[info@art-geo.ru](mailto:info@art-geo.ru)

[www.Art-Geo.ru](http://www.Art-Geo.ru)    [www.RIEGL.ru](http://www.RIEGL.ru)

Всеволод Шуляковский