

## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СКАНЕРЫ

### Рыльский И.А.<sup>1</sup>, Вербовский В.В.<sup>2</sup>, Груздев Р.В.<sup>3</sup>, Парамонов Д.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Рыльский Илья Аркадьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник,  
Региональный центр Мировой системы данных,  
Географический факультет,

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
<sup>2</sup>Вербовский Виталий Викторович – заместитель генерального директора,  
ООО «АртГео»,  
г. Москва

<sup>3</sup>Груздев Роман Викторович - кандидат геолого-минералогических наук,  
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,  
г. Чита.

<sup>4</sup>Парамонов Дмитрий Андреевич – кандидат географических наук, заместитель генерального директора,  
ООО «Проектстрой»,  
г. Москва

**Аннотация:** в настоящее время наиболее востребованы сегментом лазерного сканирования является воздушное лазерное сканирование. Традиционно оно проводится с использованием пилотируемых летательных аппаратов (самолеты, вертолеты). В последние 3-5 лет, в связи с бурным развитием систем беспилотной авиации различных классов, произошло резкое увеличение тактико-технических характеристик беспилотных систем, появление новых классов подобных систем. Параллельно с этим процесс миниатюризации лазерных сканирующих систем привел к появлению целого класса устройств, которые в равной степени могут быть использованы как на пилотируемых носителях, так и на беспилотных, причем в части эффективности и себестоимости съемки за 1 км<sup>2</sup> данные решения могут сравняться или даже превзойти показатели более совершенных, так называемых «тяжелых» систем.

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, большие данные, аэрофотосъемка, точки лазерных отражений, ГИС, дистанционное зондирование.

## UNIVERSAL AIRBORNE LASER SCANNERS

### Rylskiy I.A.<sup>1</sup>, Verbovskiy V.V.<sup>2</sup>, Gruzdev R.V.<sup>3</sup>, Paramonov D.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Rylskiy Ilya Arkadievitch – PhD in Geography, senior researcher,  
WORLD DATA SYSTEM,  
GEOGRAPHICAL FACULTY,  
MOSCOW STATE UNIVERSITY NAMED AFTER. M.V. LOMONOSOV,

<sup>2</sup>Verbovskiy Vitaliy Viktorovitch –deputy general director,  
ARTGEO,  
MOSCOW

<sup>3</sup>Gruzdev Roman Viktorovitch – PhD in Geology,  
INSTITUTE OF NATURAL RESOURCES, ECOLOGY AND CRYOLOGY SO RAN,  
CHITA,

<sup>4</sup>Paramonov Dmitriy Andreevitch – PhD in Geography, deputy general director,  
OOO PROJECTSTROY,  
MOSCOW

**Abstract:** currently, the most popular segment of laser scanning is airborne laser scanning. Traditionally, it is carried out using manned aircraft (airplanes, helicopters). In the last 3-5 years, due to the rapid development of unmanned aviation systems of various classes, there has been a sharp increase in the tactical and technical characteristics of unmanned systems, the emergence of new classes of such systems. In parallel with this, the process of miniaturization of laser scanning systems has led to the emergence of a whole class of devices that can be equally used on both manned carriers and unmanned ones, and in terms of efficiency and cost of survey per 1 km<sup>2</sup>, these solutions can be equal to or even surpass the indicators of more advanced, so-called "heavy" systems.

**Keywords:** laser scanning, big data, aerial photography, laser reflection points, GIS, remote sensing.

УДК 1.6.21.528.88

В настоящее время (октябрь 2024) лазерные решения от компании Riegl представлены значительным набором моделей, предназначенных для мобильного, наземного и воздушного лазерного сканирования. Наиболее универсальным и востребованным сегментом, конечно, является воздушное лазерное сканирование.

Характеристики этих изделий варьируют в очень широких пределах, и предназначены для решения практически всех мыслимых задач в этой области. Оценивая эти изделия в совокупности, их можно разделить на несколько классов:

1 - наиболее производительные системы, предназначенные для высотных и скоростных пилотируемых носителей; предполагается работа на высотах до 3-4 километров и более, скорости 300-500 км/ч

2 – средний класс – предназначен для использования на высотах 1-3 км с использованием пилотируемых носителей или тяжелых БПЛА со скоростью 250-350 километров в час;

3 – облегченные решения для самолетов со скоростями 120-250 км/ч, СЛА, вертолетов, автожиров, тяжелых БПЛА;

4 – решения для БПЛА среднего класса;

5 – лазерные сканеры для сканирования дна водоемов (с пилотируемых и беспилотных носителей);

Рассмотрим данные классы подробнее.

Класс 1 был описан в ранее вышедшем материале «Сравнение тяжелых лазерных сканирующих систем для пилотируемой авиации», вышедшей в сборнике «Современные инновации» 3 (46) за 2024 год.

## Класс 2. «Средние универсальные» лазерные сканеры

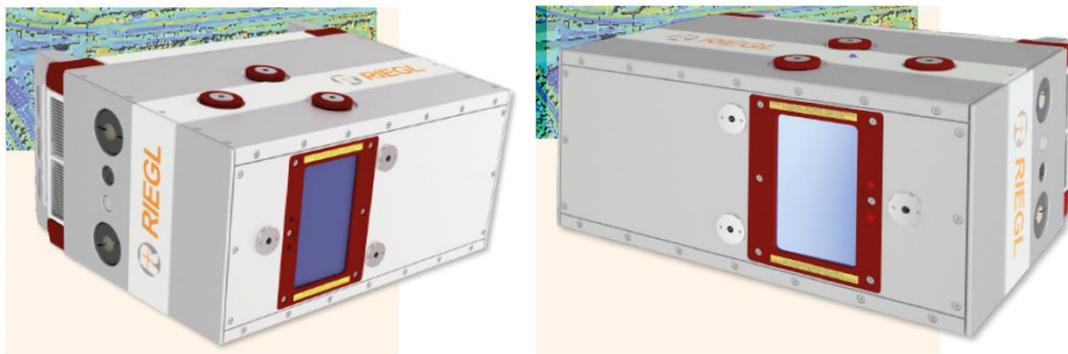


Рис.1. Riegl VQ 780ii и 780ii-S – внешне практически идентичны.



Рис. 2. Riegl VQ 680 в готовом и в OEM-исполнении.

Класс менее производительных и менее габаритных систем представлен сейчас тремя моделями – более старыми 780ii и 780ii-S (больше мощность, больше высота работы, все остальное одинаково), и моделью 2023 года - VQ680 (поставляется как в виде готовой к работе системы, так и в OEM-варианте).

Если 780е системы представляют собой классический высотный авиационный лазерный сканер весом около 20 кг, работающий в одной (надирной) плоскости, то 680й – гораздо более интересное решение.

Он почти в 2 раза легче (12.5 кг). За счет использования вращающегося зеркала с большим числом граней, чем в более старых моделях) система имеет меньший разрыв между максимальной и эффективной производительностью (не 33%, а всего 16%), и может работать на с фактической производительностью 2000 000 в секунду. За счет наклона каждой из граней, различные строки сканирования отклоняются от надира по тангажу – на +10, +20, -10 и -20 градусов от вертикали.

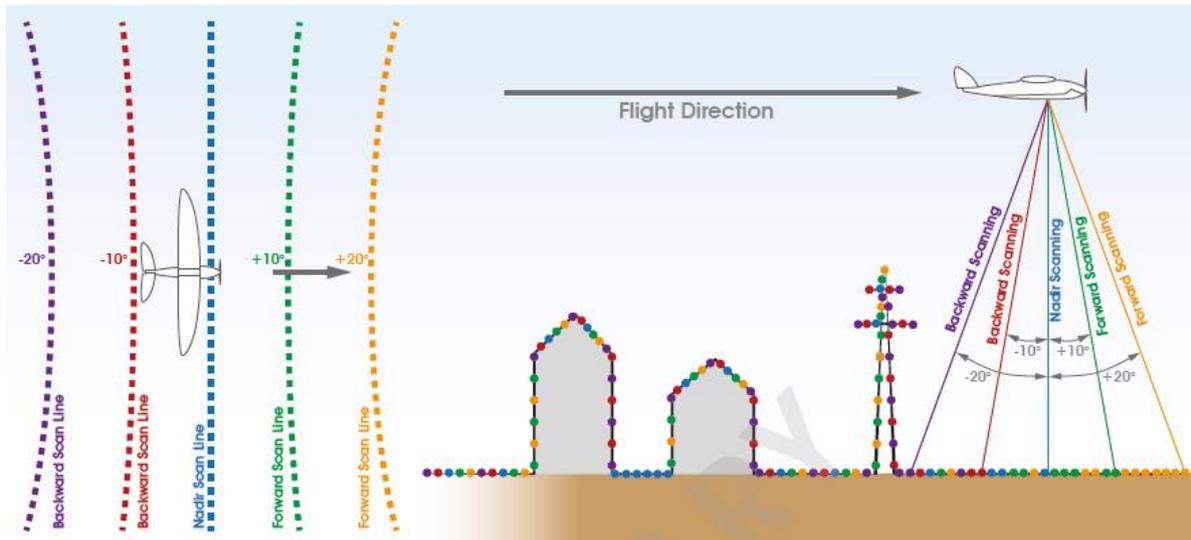


Рис.3. VQ680 работает с отклонением строк в пределах +/-20 градусов по тангажу, что крайне важно при съемке городских территорий.

Таблица 1. «Middle class LIDAR systems»

Название	780iiS	780ii	680
Макс. Частота, точек в секунду	2 000 000	2 000 000	2 400 000
Макс. Частота эффективная *	1 330 000	1 330 000	2 000 000
Высота съемки (альбедо (A)= 20%)	3900	3700	2300
Высота съемки на макс. Частоте (A= 20%)	1700	1200	960
Угол охвата, градусов	60	60	60
Число строк в секунду, шт	300	300	500
Точность дальномера, мм	20	20	20
Угол отклонения по тангажу	0	0	+/-20
Число сенсоров, шт	1	1	1
Дивергенция луча, мрад	0,17	0,18	0,28
Класс лазера	4	3B	3B
Масса**, кг	20	20	12,5 (10)
Поддерживаемое число камер	2	2	6
Носитель (ПЛА – пилотируемый летательный аппарат)	ПЛА	ПЛА	ПЛА

Если приборы 780й серии можно отнести к универсальным, но несколько менее производительным приборам (по сравнению с «Флагманами»), которые работают с очень больших высот – до 3900 м, то VQ680 – решение явно предназначенное для работы в городах с высокими зданиями. Возможность проникновения во «дворы-колодцы» с одновременным картографированием стен сооружений – не единственный аргумент. Система позволяет подключать до 6 камер одновременно – в том числе, это могут быть 4 перспективных камеры и 2 надирные камеры с узким углом охвата и повышенным разрешением. Эта возможность – идеальное сочетание для получения текстур высокого разрешения для каждой стены здания.

Таким образом, область применения для VQ780ii и VQ780ii-S – примерно та же, что и у флагманов: это съемка смешанных территорий с больших высот, работа в горных территориях и т.п. Область применения VQ680 – городские среды с последующим построением на основании съемочных данных высокоточных 3Д-моделей зданий, использование материалов сканирования для BIM, создания виртуальных сред, архитектурного планирования, и тому подобных задач. Это, конечно, не означает, что данный прибор нельзя использовать для задач, аналогичных 780м приборам – система позволяет работать с высоты в 2300 м с использованием скоростных (до 550 км/ч) носителей. Тем не менее, принимая во внимание массу, габариты, количество строк сканирования в секунду и т.п., можно

предположить, что наиболее оптимальными носителями для этих систем являются самолеты со скоростями 180-250 км/ч и вертолеты.

### Класс 3. «Легкие» универсальные системы

Название	580-iiS	580-ii	480-ii
Макс. Частота, точек в секунду	2000 000	2000 000	2000 000
Макс. Частота эффективная *	1 250 000	1 250 000	1 250 000
Макс. Высота съемки (альbedo (A)= 20%)	1840	1350	1200
Макс. Высота съемки на макс. Частоте (A= 20%)	800	400	350
Угол охвата, градусов	75	75	75
Число строк в секунду, шт	300	300	300
Точность дальномера, мм	20	20	20
Угол отклонения по тангажу	0	0	0
Число сенсоров, шт	1	1	1
Дивергенция луча, мрад	0,28	0,28	0,35
Класс лазера	3B	3B	3R
Габариты, мм**	378x193 x250	378x193 x250	378x193 x252
Масса**, кг	11	10	10
Поддерживаемое число камер	5	5	5
Носитель	ПЛА, СЛА	ПЛА, СЛА	ПЛА,СЛА

Класс представлен тремя представителями – VQ480ii, VQ580ii, VQ580ii-S. Системы в целом весьма похожи: масса около 10-11 кг, габариты – как 4 пачки листов формата А3, 300 строк сканирования в секунду, один сенсор, 5 камер. Наиболее свежей, и, соответственно, технически совершенной, является VQ580ii-S – обеспечивая работу на полной частоте до высоты в 800 м.



Рис. 4. Внешний вид VQ480ii (слева) и VQ580ii-S (справа).

Особенностью данных систем по сравнению с «Флагманами» и «Средними» является угол охвата. Он составляет не 60 градусов (при этом ширина полосы охвата примерно равна высоте полета), а 75 градусов. Это вроде бы незначительное изменение увеличивает ширину полосы охвата до 153% от высоты полета. На практике система VQ580ii-S, работающая на высоте 800 м, снимает полосу шириной в 1200 м на частоте (фактической) 1250 000 точек в секунду. Это (см. Таблицу 2) практически идентично пределу возможностей ранее описанной системы VQ780ii – для такой же производительности ей нужно лететь на высоте 1200 м, где ее максимальная частота равна 1330 000 точек в секунду. В данном примере результат кажется одинаковым, но на практике это не так. Вероятность, что высота облаков позволит работать на высоте 800 м, превышает вероятность того, что облака позволят работать на 1200 м в умеренном поясе примерно вдвое выше. Таким образом, компания, эксплуатирующая VQ580ii-S будет летать примерно вдвое чаще, чем компания, эксплуатирующая VQ780ii. И закончит проект примерно вдвое раньше.

Общая идея всего этого семейства – максимальная универсальность в сложных погодных условиях. Широкий угол охвата, возможность работы на скоростях до 300 км/ч, малый вес (около 10-11 кг), большое количество подключаемых внешних сенсоров – все это создает условия для того, чтобы использовать легкие самолеты, вертолеты, а также СЛА – автожиры, мотodelтапланы и мотопарапланы,

а также – тяжелые БПЛА. Наиболее востребованы все эти носители и особенности при работе либо по большому количеству небольших населенных пунктов, либо при коридорной съемке инфраструктурных объектов -ЛЭП, железных и автомобильных дорог, каналов, береговой линии морей и водохранилищ, обследовании трубопроводов, кустовых площадок и промышленных объектов.

#### *Список литературы / References*

1. *Груздев Р.В., Рыльский И.А.*, Применение воздушных лидаров в высокоточной гравиразведке (на примере Восточного Забайкалья). Вестник Забайкальского Государственного Университета. Чита, 2022. №2, Т.28, 6-18
2. *Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С.* Основы геоинформатики. Учебное пособие для студентов вузов в 2-х книгах. М.: Академия, 2004. С. 480.
3. *Рыльский И.А., Парамонов Д.А., Кожухарь А.Ю.1, Терская А.И.* Создание виртуальной модели района Большой Сочи – Красная Поляна – плато Лаго-наки. Интеркарто, 2023. №29, С. 589-606.
4. *Giuliani, G., Chatenoux B., De Bona A.*: Building an Earth Observation Data Cube: lessons learned from the Swiss Data Cube (SDC) on generating Analysis Ready Data (ARD). Big Earth Data 1-2 (1), 100–117 (2017).
5. *Huang L. et al.* Octsqueeze: Octree-structured entropy model for lidar compression //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2020. – С. 1313-1323.
6. *Janowski A., Szulwic J., Tysiac P.* Airborne and mobile laser scanning in measurements of sea cliffs on the southern Baltic. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 2015. 114-124
7. *Octree homepage*, <https://en.wikipedia.org/wiki/Octree> Last accessed 16 Jan 2020.
8. *Rieger P.* Range ambiguity resolution technique applying pulse-position modulation in time-of-flight scanning lidar applications. Optical engineering, 2014. 53(6), 061614-061614.