

Воздушный лазерный сканер  
для разведочной съёмки

- до 266 000 измерений точек на местности в секунду
- высота полёта до 4700 м над землей
- разрешение неоднозначности: до 10 зоны
- полный анализ формы отраженного сигнала снимает ограничение на количество обрабатываемых отраженных сигналов
- высокая частота импульсов - до 400 кГц
- выбор уровня мощности лазера для различных условий применения
- высокая точность дальномера  $\leq 20$  мм
- высокая скорость развёртки — 200 линий/сек
- широкий диапазон сектора сканирования —  $60^\circ$
- линии развертки - параллельные
- подходит для измерений по льду и снегу
- интерфейс сопряжения с ГНСС источником времени
- решение, интегрируемое с другими комплексами и пакетами программ ALS

В новом воздушном лазерном сканере® LMS-Q780 большого радиуса действия используется мощный источник лазерного излучения, реализован алгоритм разрешения неоднозначности и осуществляется полный анализ формы отражённых сигналов. Выбранные решения позволяют снять требование на поддержание постоянной высоты полёта над землей, что упрощает применение инструмента для съёмки участков с выраженным рельефом.

LMS-Q780 оцифровывает принимаемый сигнал и производит запись измерений, обеспечивая таким образом возможность дополнительной камеральной обработки сложных видов работ - например, съёмки лесных массивов или классификации целей. Алгоритм разрешения неоднозначности позволяет использовать отраженные сигналы, для которых номер породившего зондирующего импульса не очевиден. Разрешение неоднозначности при камеральной обработке производится пакетом RiANALYZE с использованием библиотеки RiMTA.

Подбор рабочих параметров LMS-Q780 позволяет оптимизировать использование для различных видов съёмок, а развитые средства сопряжения упрощают включение в аэросъёмочные комплексы.

Принцип действия инструмента заключается в измерении интервала времени между передачей зондирующего ИК импульса наносекундной продолжительности и приемом отраженного от цели сигнала. Быстрая опто-механическая система развёртки обеспечивает формирование системы прямолинейных, однонаправленных и параллельных линий сканирования. Инструмент выполнен в корпусе, защищённом от внешних воздействий и может устанавливаться на летательных аппаратах - малые габариты и вес обеспечивают возможность применения на легкомоторных самолетах, вертолетах и БПЛА. Питание производится от бортовой сети одного номинала. Предусматривается сопряжение с синхросигналом GPS, позволяющее осуществить привязку измерений к шкале всемирного времени, измерения могут сохраняться в прочном

итаторорее ддаанных производства

### Области применения:

#### При полной мощности лазера:

- Площадная съёмка / Съёмка с больших высот
- Топо- и маркшейдерская съёмка
- Съёмка ледников и заснеженных участков

#### При уменьшенной мощности лазера:

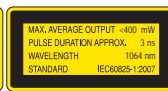
- Съёмка городов
- Съёмка границ водных объектов
- Сельское и лесное хозяйство
- Коридорная съёмка

# Технические характеристики LMS-Q780

Классификация лазерного излучателя

Лазерная система опасности Класса 3В по IEC60825-1:2007

Инструмент должен использоваться исключительно с пультом управления.



## Дальность измерений

### Полная мощность лазера

зависит от выбранного уровня мощности лазера, частоты импульсов и отражательной способности цели

Уровень мощности лазерного источника	100%			
	100 кГц	200 кГц	300 кГц	400 кГц
Частота импульсов				
Наибольшее измеряемое расстояние <sup>1) 3)</sup>	до цели с коэф. отражения $\rho \geq 20\%$	4100 м	3500 м	3000 м
	до цели с коэф. отражения $\rho \geq 60\%$	5800 м	5100 м	4500 м
Макс. высота полёта (над землей) <sup>2) 3)</sup>		4700 м	4200 м	3700 м
		15500 ф	13700 ф	12000 ф
NOHD <sup>4)</sup>	200 м	160 м	125 м	105 м
ENOHD <sup>5)</sup>	1500 м	1200 м	960 м	820 м

- 1) В следующих условиях: • цель больше размера пятна • внешняя засветка средняя • видимость 40 км  
• луч падает по нормали к цели • неоднозначность измерения разрешается алгоритмически
- 2) Коэффициент отражения  $\rho \geq 60\%$ , сектор сканирования  $60^\circ$ , крен до  $\pm 5^\circ$ .
- 3) На ярком солнце, в противоположность пасмурной погоде, дальность может существенно уменьшаться с пропорциональным уменьшением высоты полёта.
- 4) Nominal Ocular Hazard Distance (Безопасная зона/удаление для невооруженного глаза), в соответствии с IEC60825-1:2007, для одиночного импульса
- 5) Extended Nominal Ocular Hazard Distance (Безопасная зона/удаление для вооруженного глаза), в соответствии с IEC60825-1:2007, для одиночного импульса

### Уменьшенная мощность лазера

Уровень мощности лазерного источника	50%	25%	12%	6%
	400 кГц	400 кГц	400 кГц	400 кГц
Наибольшее измеряемое расстояние <sup>6) 8)</sup>	до цели с коэф. отражения $\rho \geq 20\%$	2100 м	1500 м	1120 м
	до цели с коэф. отражения $\rho \geq 60\%$	3200 м	2400 м	1800 м
Макс. высота полёта (над землей) <sup>7) 8)</sup>		2600 м	1950 м	1450 м
		8600 ф	6400 ф	4800 ф
NOHD <sup>9)</sup>	70 м	68 м	44 м	25 м
ENOHD <sup>10)</sup>	560 м	550 м	360 м	250 м

- 6) В следующих условиях: • цель больше размера пятна • внешняя засветка средняя • видимость 40 км  
• луч падает по нормали к цели • неоднозначность измерения разрешается алгоритмически
- 7) Коэффициент отражения  $\rho \geq 60\%$ , сектор сканирования  $60^\circ$ , крен до  $\pm 5^\circ$ .
- 8) На ярком солнце, в противоположность пасмурной погоде, дальность может существенно уменьшаться с пропорциональным уменьшением высоты полёта.
- 9) Nominal Ocular Hazard Distance (Безопасная зона/удаление для невооруженного глаза), в соответствии с IEC60825-1:2007, одна линия сканирования
- 10) Extended Nominal Ocular Hazard Distance (Безопасная зона/удаление для вооруженного глаза), в соответствии с IEC60825-1:2007, одна линия сканирования

Наименьшее измеряемое расстояние <sup>11)</sup>

Точность <sup>12) 13)</sup>

Повторяемость <sup>12) 14)</sup>

Частота импульсов

Макс. скорость сканирования

Длина волны лазера

Угол расхождения луча <sup>15)</sup>

Количество принятых отраженных сигналов одного импульса

50 м  
20 мм  
20 мм  
до 400 кГц  
до 266 кГц при секторе сканирования  $60^\circ$   
ближний ИК диапазон  
 $\leq 0.25$  мрад  
обработка оцифрованных сигналов: ограничений нет <sup>16)</sup>  
мониторинг измерений: первый

## Характеристики сканера

Сканирующий механизм

Стиль съемки

Диапазон сектора сканирования

Скорость развёртки

Угловой интервал сканирования  $\Delta\theta$  <sup>19)</sup>

Разрешение угловых измерений

Синхронизация сканирования

вращающееся многогранное зеркало  
параллельные линии  
 $\pm 30^\circ = 60^\circ$  общий  
14 - 200 линий/сек <sup>17)</sup> при уровне мощности лазера  $\geq 50\%$   
10 - 200 линий/сек <sup>18)</sup> при уровне мощности лазера  $< 50\%$   
 $\Delta\theta \geq 0.012^\circ$  при уровне мощности лазера  $\geq 50\%$   
 $\Delta\theta \geq 0.006^\circ$  при уровне мощности лазера  $< 50\%$   
0.001°  
Возможность синхронизации запуска с внешним сигналом

## Измерение интенсивности

Принятый сигнал представляется рядом 16-ти битных отсчётов, что позволяет производить выделение цели, её идентификацию и/или классификацию.

- 11) Ограничение дальномера, без учета требований безопасной эксплуатации!
- 12) 1 с.к.о. на удалении 250 м в условиях испытания на .
- 13) Точность - степень совпадений показаний прибора с истинным значением измеряемой величины
- 14) Повторяемость - степень близости друг к другу показаний прибора при измерении одного образца.
- 15) В точках  $1/e^2$ . 0.25 мрад вызывает увеличение диаметра пучка

- на 0,25м на каждые 1000 м дистанции.
- 16) Ограничено пропускной способностью регистратора .
- 17) Минимальная скорость сканирования возрастает линейно до 53 линий/сек при частоте импульсов 400 кГц и уровне мощности лазера  $\geq 50\%$
- 18) Минимальная скорость сканирования

- возрастает линейно до 27 линий/сек при частоте импульсов 400 кГц и уровне мощности лазера  $< 50\%$
- 19) Угол между последовательными импульсами, настраивается пользователем

Продолжение технических характеристик на стр. 7

## Отражение от целей разных типов

Производимая сканером LMS-Q780 оцифровка позволяет извлечь наиболее полные данные из отраженного сигнала. Рисунок 1 иллюстрирует процессы измерения по трем типам целей. Кривые красного цвета показывают амплитуду лазерного луча, распространяющегося в пространстве со скоростью света. После взаимодействия с диффузно отражающей целью в сторону приёмного устройства отражается часть лазерного луча (форма отраженного сигнала показана кривой голубого цвета).

В примере №1 зондирующий импульс сначала отражается от кроны дерева (показаны 3 эхоимпульса) и частично достигает почвы, от которой отражается в виде 4-го импульса. В примере №2 зондирующий импульс падает на плоскую поверхность, наклоненную относительно оси пучка, что приводит к увеличению продолжительности эхосигнала. В примере №3 зондирующий луч падает по нормали к плоской отражающей поверхности, в результате чего ответный сигнал повторяет форму зондирующего.

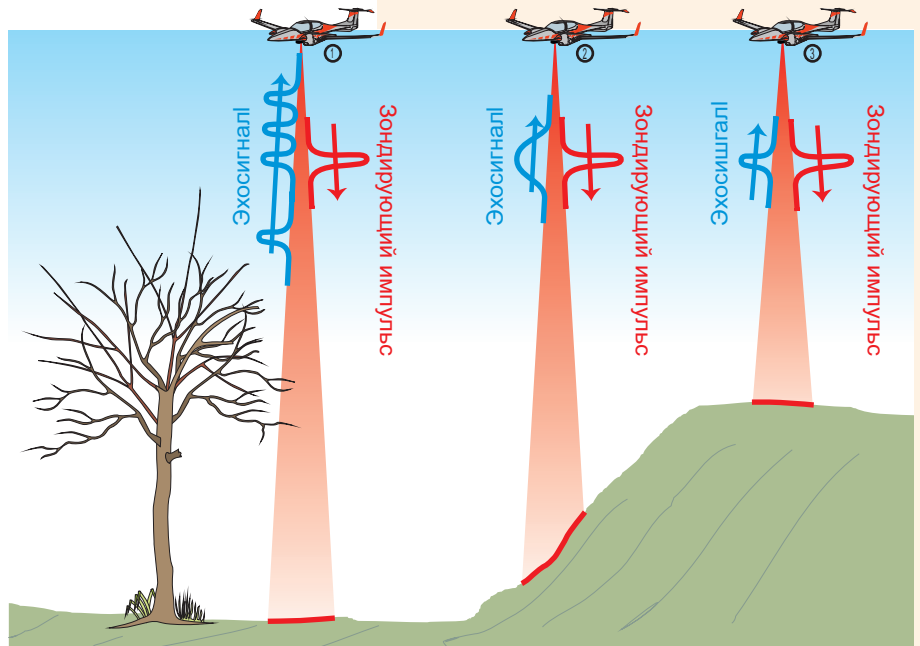


Рис. 1 Отражение от целей разных типов

## Оцифровка отраженных сигналов сканером LMS-Q780

На верхнем графике диаграммы сбора данных показана амплитуда аналоговых сигналов как функция времени: красным цветом излучаемый лазером зондирующий импульс (представление сигнала упрощено), три последующих голубых импульса - отраженные сигналы от ветвей дерева, последний импульс вызван отражением от почвы.

Описанный выше аналоговый сигнал дискретизируется с фиксированным периодом (средний график), после чего подвергается аналого-цифровому преобразованию, в результате которого формируется поток цифровых данных (нижний график). Этот поток данных записывается в регистратор данных для последующей камеральной обработки, при проведении которой производится восстановление формы сигналов с последующими определениями расстояния до цели, её типа и прочих характеристик.

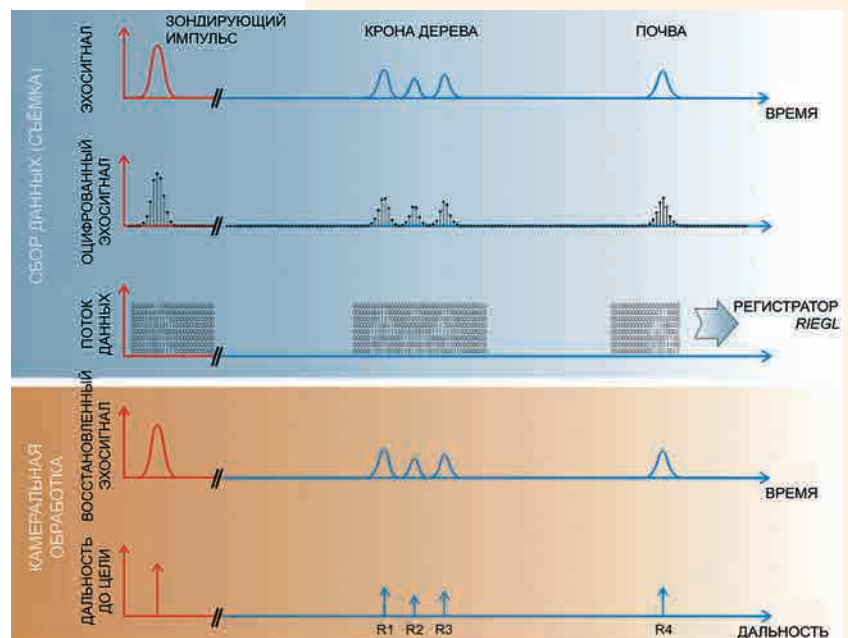


Рис. 2 Сбор данных и камеральная обработка

Богатый опыт компании в разработке и производстве цифровых лазерных дальнометров для самых разнообразных областей применения позволил спроектировать прецизионные схмотехнические решения аналоговой части и аналого-цифровых узлов сканера LMS-Q780, что дает возможность производить запись оцифрованного отраженного сигнала с широким динамическим диапазоном.

## Разрешение неоднозначности дальномерных измерений

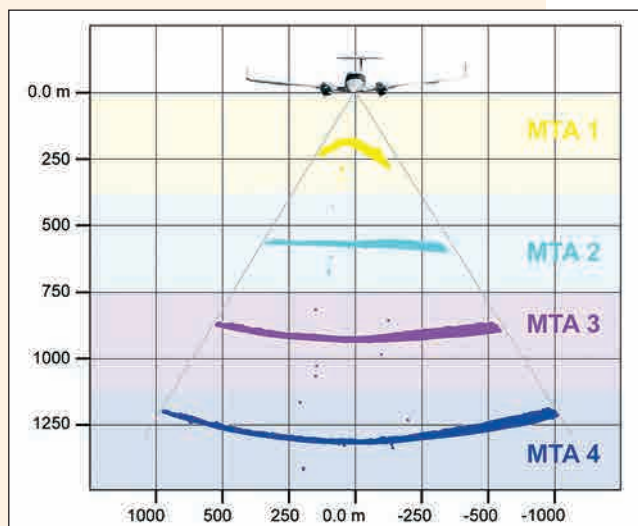


Рис. 3 Профиль данных, отнесенных к зонам МТА от 1 до 4

При измерении дальности по времени пролёта импульса существует максимальный интервал однозначных измерений, определяемый частотой формирования зондирующих импульсов и скоростью света. При частоте следования импульсов 400 кГц измерения дальности свыше 375 метров становятся неоднозначными - принятый сигнал может быть отражением не последнего излученного импульса (зона МТА 1), а предпоследнего (зона МТА 2), или даже предшествующего ему (зона МТА 3).

Рисунок 3 иллюстрирует ситуацию, складывающуюся при обработке данных сканирования, относимых к разным зонам неоднозначности. По задержке каждого эхосигнала и номеру зоны вычислена дальность до цели, находящейся в зонах МТА от 1 до 4. Конечно, истинным расстоянием для каждого из отсчетов может быть только одна из них, и именно она должна быть включена в формируемый прибором набор измерений („облако точек“). При обработке измерений алгоритм совершенно верно отнес их к зоне 2. Косвенным подтверждением правильности выбора может служить форма облака точек - поверхность земли представляется относительно плоской, что не характерно для остальных зон.

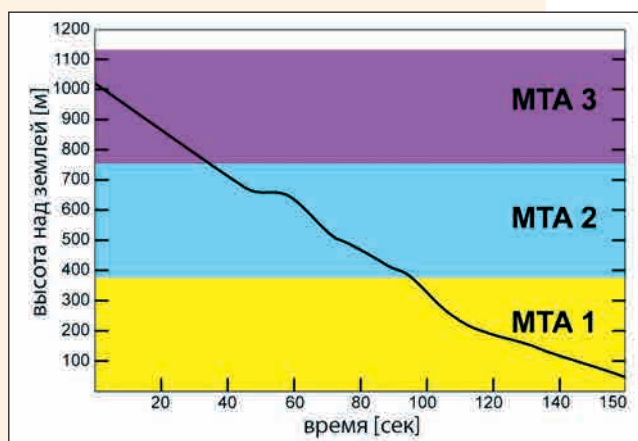
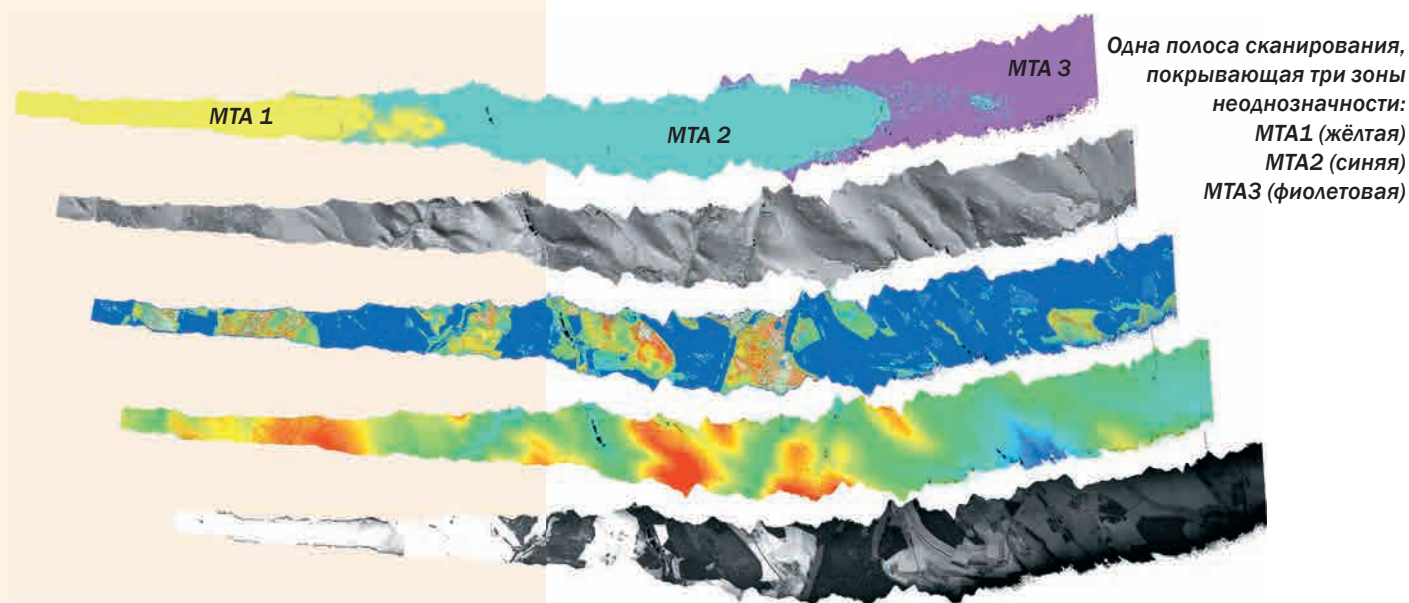


Рис. 4 Снижение высоты полёта с 1000 м до 240 м в течение 150 секунд

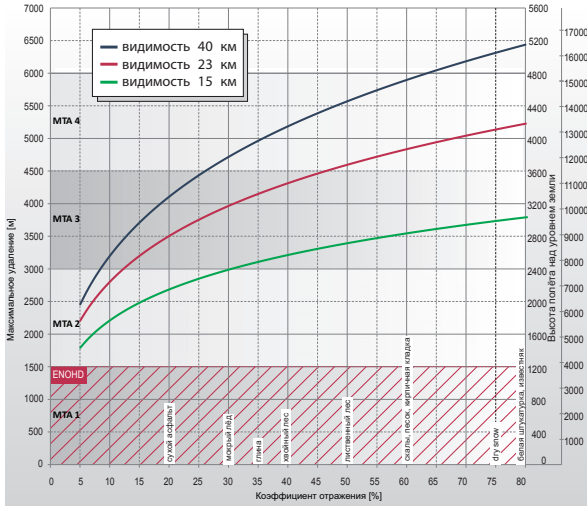
Сканер LMS-Q780i способен использовать отраженные сигналы, принимаемые с задержкой, превышающей период выдачи зондирующих импульсов. Разрешение неоднозначности на дальностях вплоть до максимальной паспортной производится с помощью высокоскоростной цифровой обработки сигнала и передового способа модуляции последовательности зондирующих импульсов. Применённый метод модуляции позволяет предотвратить полную потерю измерений в переходных зонах - плотность облака точек в них снижается всего в два раза.

Правильное разрешение неоднозначности дальномерных определений производится при камеральной обработке измерений пакетом RiANALYZE со встроенной библиотекой RiMTA, не требующей вмешательства оператора и обладающей отличной производительностью, подходящей для обработки большого количества измерений.

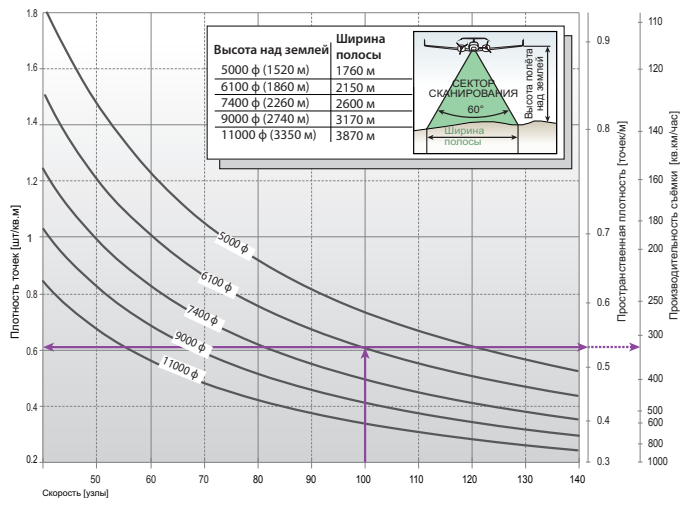


# Дальность измерений и плотность точек LMS-Q780

## Частота импульсов 100 кГц, мощность 100%

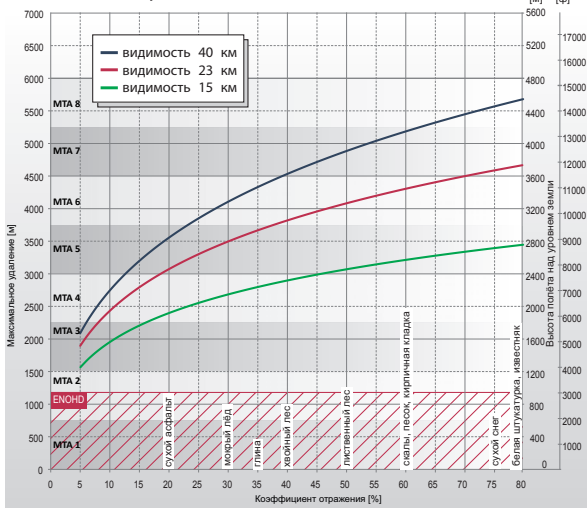


Пример: LMS-Q780 при 100000 имп./сек, мощность лазера 100%  
H = 6100 ф над землей, V = 100 узлов

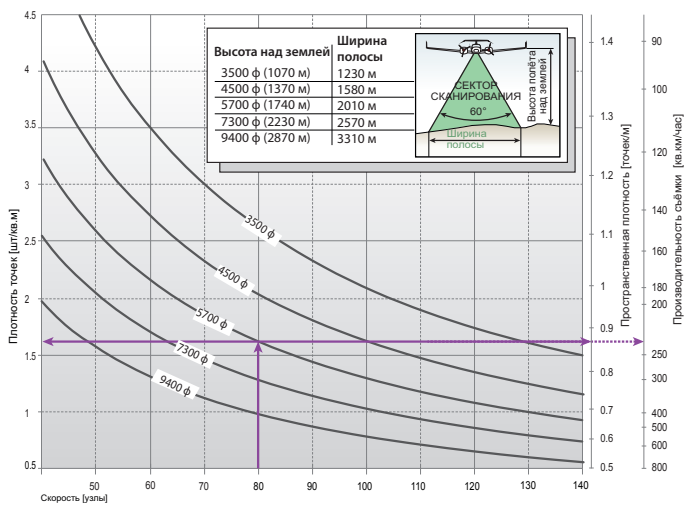


Итог: Плотность точек ~ 0,6 шт./кв.м.  
Пространственная плотность ~ 0,53 точек/м  
Производительность съёмки ~ 320 кв.км/ч

## Частота импульсов 200 кГц, мощность 100%

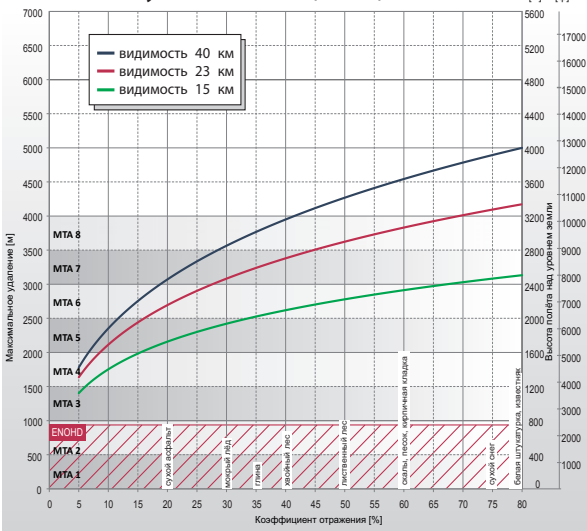


Пример: LMS-Q780 при 200000 имп./сек, мощность лазера 100%  
H = 5700 ф над землей, V = 80 узлов

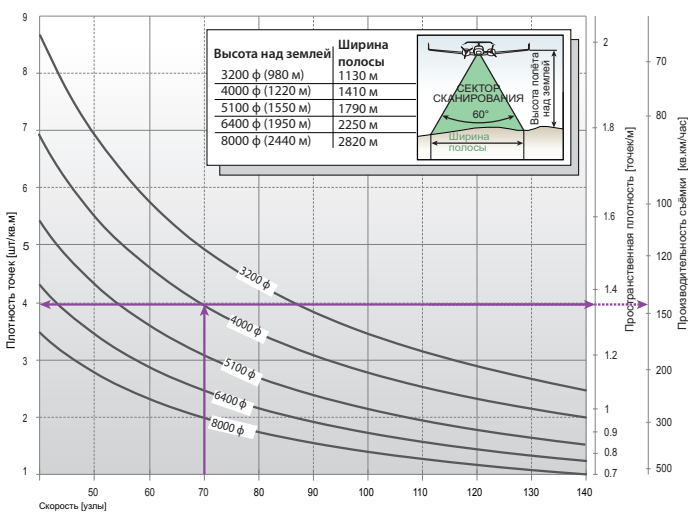


Итог: Плотность точек ~ 1,6 шт./кв.м.  
Пространственная плотность ~ 0,87 точек/м  
Производительность съёмки ~ 230 кв.км/ч

## Частота импульсов 300 кГц, мощность 100%



Пример: LMS-Q780 при 300000 имп./сек, мощность лазера 100%  
H = 4000 ф над землей, V = 70 узлов



Итог: Плотность точек ~ 4 шт./кв.м.  
Пространственная плотность ~ 1,35 точек/м  
Производительность съёмки ~ 140 кв.км/ч

### Приняты следующие условия для высоты полёта

- неоднозначность разрешена применением алгоритма и планированием полёта
- размер цели больше размера пятна
- сектор сканирования 60°
- средний уровень засветки
- крен не более ±5°

### Условия расчёта производительности съёмки

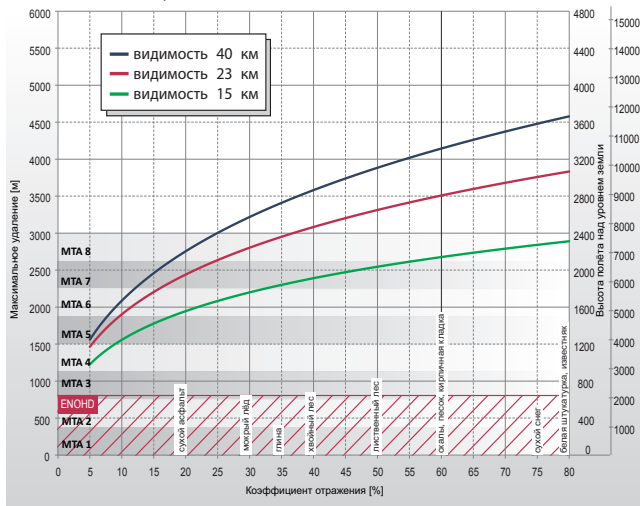
- 20% перекрытие полос соседних галсов, которое компенсирует крен ±5° и возможное уменьшение высоты полёта на 20%.

### Определение пространственной плотности точек

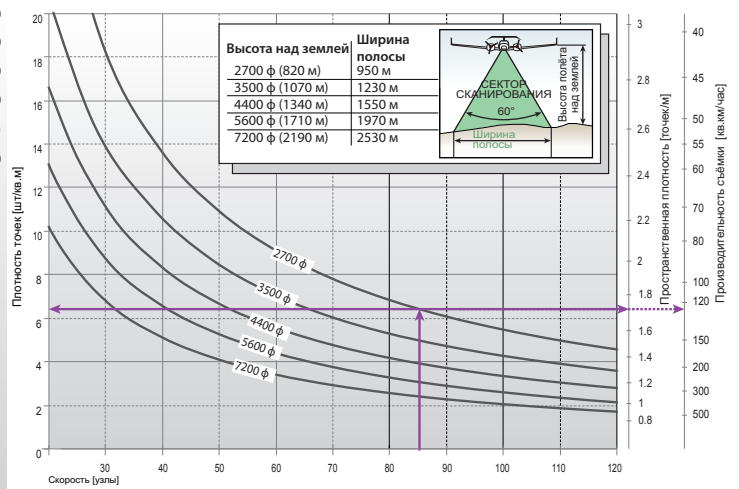
- Пространственная плотность точек - величина, обратная 95-му перцентилю функции распределения расстояния между точками сканирования. Для каждой точки сканирования вероятность нахождения соседней точки в линейном интервале, равном обратному от пространственной плотности, составляет 95%.

# Дальность измерений и плотность точек LMS-Q780

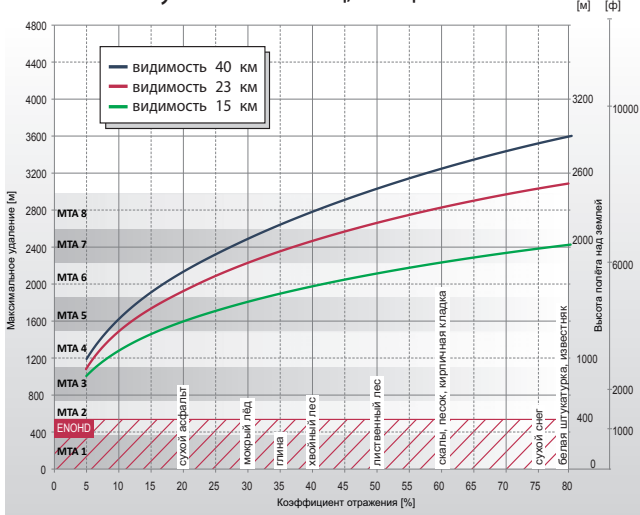
## Частота импульсов 400 кГц, мощность 100%



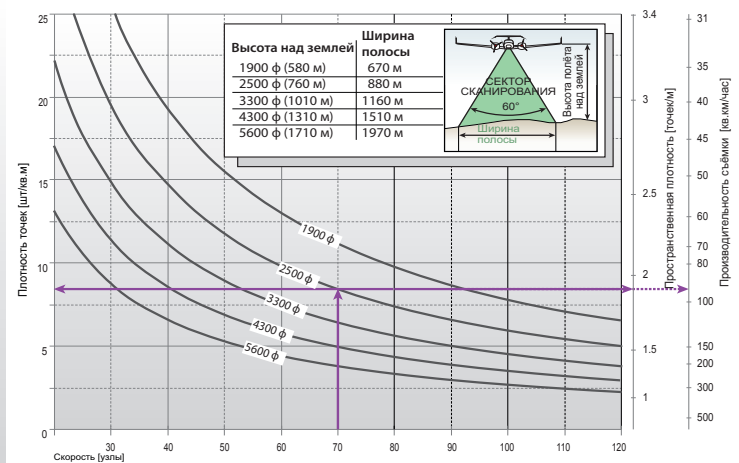
Пример: LMS-Q780 при 400000 имп./сек, мощность лазера 100%  
H = 2700 ф над землей, V = 85 узлов



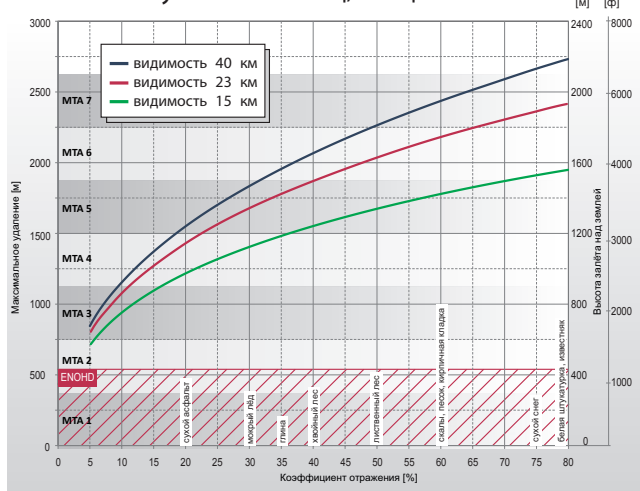
## Частота импульсов 400 кГц, мощность 50%



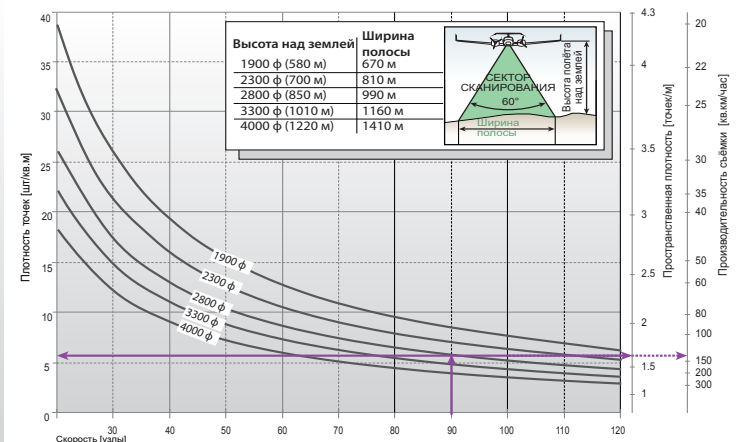
Пример: LMS-Q780 при 400000 имп./сек, мощность лазера 50%  
H = 2500 ф над землей, V = 70 узлов



## Частота импульсов 400 кГц, мощность 25%



Пример: LMS-Q780 при 400000 имп./сек, мощность лазера 25%  
H = 2800 ф над землей, V = 90 узлов



### Приняты следующие условия для высоты полёта

- неоднозначность разрешена применением алгоритма и планированием полёта
- размер цели больше размера пятна
- средний уровень засветки
- крен не более  $\pm 5^\circ$
- сектор сканирования  $60^\circ$

### Условия расчёта производительности съёмки

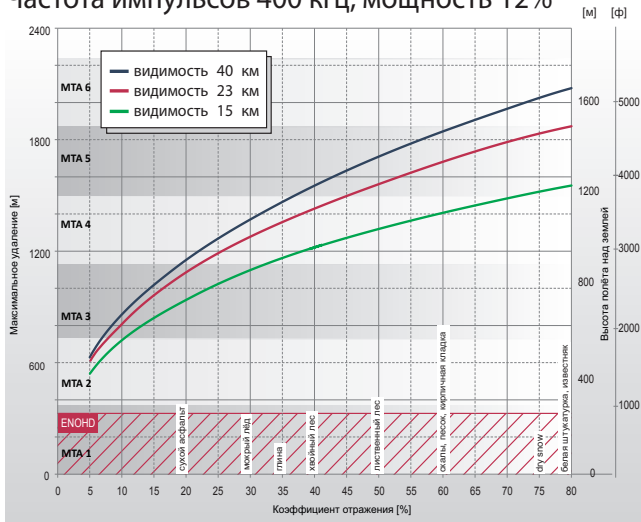
- 20% перекрытие полос соседних галсов, которое компенсирует крен  $\pm 5^\circ$  и возможное уменьшение высоты полёта на 20%.

### Определение пространственной плотности точек

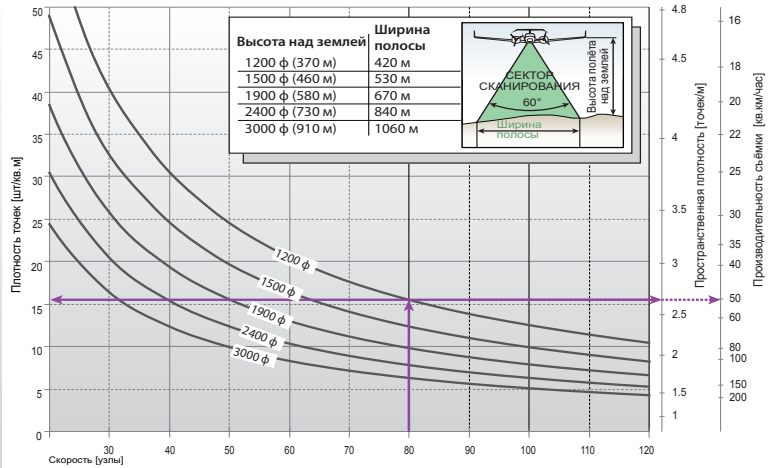
- Пространственная плотность точек - величина, обратная 95-му перцентилю функции распределения расстояния между точками сканирования. Для каждой точки сканирования вероятность нахождения соседней точки в линейном интервале, равном обратному от пространственной плотности, составляет 95%.

# Дальность измерений и плотность точек LMS-Q780

Частота импульсов 400 кГц, мощность 12%

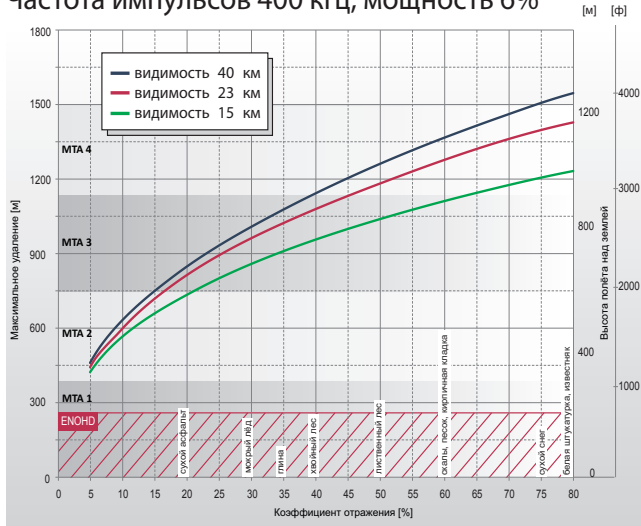


Пример: LMS-Q780 при 400000 имп./сек, мощность лазера 12%  
H = 1200 ф над землей, V = 80 узлов

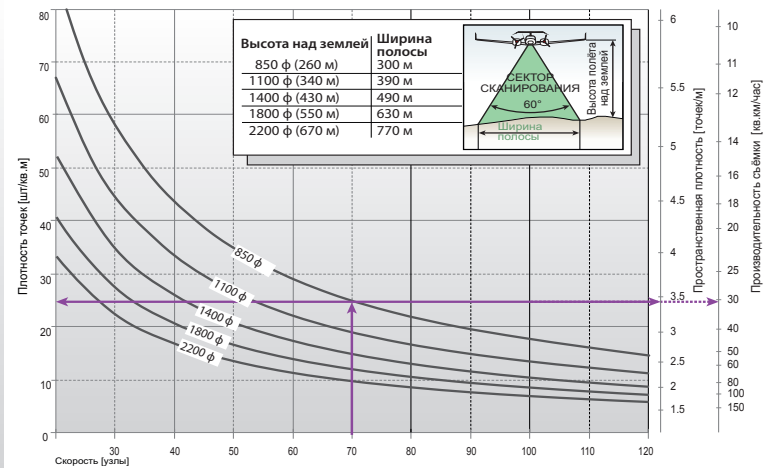


Итого: Плотность точек ~ 15,3 шт./кв.м.  
Пространственная плотность ~ 2,6 точек/м  
Производительность съёмки ~ 50 кв.км/ч

Частота импульсов 400 кГц, мощность 6%



Пример: LMS-Q780 при 400000 имп./сек, мощность лазера 6%  
H = 850 ф над землей, V = 70 узлов



Итого: Плотность точек ~ 24,7 шт./кв.м.  
Пространственная плотность ~ 3,4 точек/м  
Производительность съёмки ~ 30 кв.км/ч

### Приняты следующие условия для высоты полёта

- неоднозначность разрешена применением алгоритма и планированием полёта
- размер цели больше размера пятна
- сектор сканирования 60°
- средний уровень засветки
- крен не более ±5°

### Условия расчёта производительности съёмки

- 20% перекрытие полос соседних галсов, которое компенсирует крен ±5° и возможное уменьшение высоты полёта на 20%.

### Определение пространственной плотности точек

- Пространственная плотность точек - величина, обратная 95-му перцентилю функции распределения расстояния между точками сканирования. Для каждой точки сканирования вероятность нахождения соседней точки в линейном интервале, равном обратному от пространственной плотности, составляет 95%.

## Технические характеристики LMS-Q780 (продолжение)

### Интерфейсы данных

Настройка  
Мониторинг измерений  
Оцифрованные измерения

Синхронизация

TCP/IP Ethernet (10/100 Мбит), RS232 (19.2 кбит)  
TCP/IP Ethernet (10/100 Мбит)  
Высокоскоростной последовательный интерфейс с регистратором  
Последовательный RS232, вход синхронизации 1PPS, поддержка различных типов сообщения о текущем времени

### Общие технические данные

Напряжение питания / Потребляемая мощность  
Габариты (Д x Ш x В) / Масса  
Класс защиты  
Макс. высота полета (включен / выключен)  
Температура  
Крепление инерциального блока

18 ... 32 В постоянного тока / около 7 А при 24 В  
480 x 212 x 279 мм / около 20 кг  
IP54  
18500 ф (5600 м) / 18500 ф (5600 м) над уровнем моря  
-5°C ... +40°C (рабочая) / -10°C ... +50°C (хранения)  
Стальные втулки в верхней и боковых крышках сканера, жестко соединяются с каркасом сканирующей головки.

**По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:**

**Архангельск** (8182)63-90-72  
**Астана** +7(7172)727-132  
**Белгород** (4722)40-23-64  
**Брянск** (4832)59-03-52  
**Владивосток** (423)249-28-31  
**Волгоград** (844)278-03-48  
**Вологда** (8172)26-41-59  
**Воронеж** (473)204-51-73  
**Екатеринбург** (343)384-55-89  
**Иваново** (4932)77-34-06  
**Ижевск** (3412)26-03-58  
**Казань** (843)206-01-48

**Калининград** (4012)72-03-81  
**Калуга** (4842)92-23-67  
**Кемерово** (3842)65-04-62  
**Киров** (8332)68-02-04  
**Краснодар** (861)203-40-90  
**Красноярск** (391)204-63-61  
**Курск** (4712)77-13-04  
**Липецк** (4742)52-20-81  
**Магнитогорск** (3519)55-03-13  
**Москва** (495)268-04-70  
**Мурманск** (8152)59-64-93  
**Набережные Челны** (8552)20-53-41

**Нижний Новгород** (831)429-08-12  
**Новокузнецк** (3843)20-46-81  
**Новосибирск** (383)227-86-73  
**Орел** (4862)44-53-42  
**Оренбург** (3532)37-68-04  
**Пенза** (8412)22-31-16  
**Пермь** (342)205-81-47  
**Ростов-на-Дону** (863)308-18-15  
**Рязань** (4912)46-61-64  
**Самара** (846)206-03-16  
**Санкт-Петербург** (812)309-46-40  
**Саратов** (845)249-38-78

**Смоленск** (4812)29-41-54  
**Сочи** (862)225-72-31  
**Ставрополь** (8652)20-65-13  
**Тверь** (4822)63-31-35  
**Томск** (3822)98-41-53  
**Тула** (4872)74-02-29  
**Тюмень** (3452)66-21-18  
**Ульяновск** (8422)24-23-59  
**Уфа** (347)229-48-12  
**Челябинск** (351)202-03-61  
**Череповец** (8202)49-02-64  
**Ярославль** (4852)69-52-93

**сайт:** <http://lazerg.nt-rt.ru> || **эл. почта:** [rlg@nt-rt.ru](mailto:rlg@nt-rt.ru)