

# Расширенные возможности

## Trimble SX12 по распознаванию

### целей

Это перевод на русский язык статьи *“Trimble SX12 Tracking And Target Separation”*. С исходной версией данной статьи на английском языке вы можете ознакомиться [здесь](#).

Все тахеометры Trimble S серии оснащены [технологией Autolock®](#) для поиска, отслеживания и автонаведения на призмы. В усовершенствованной технологии [Advanced Autolock](#) сканирующих тахеометров Trimble SX10 и SX12 используется система на основе цифровой камеры. Одним из её главных преимуществ является то, что она намного лучше различает несколько отражений от призм в поле зрения следящего трекера.

Это значит, что при расстановке целей SX12 позволяет выбрать меньшее угловое расстояние между призмами, чем это было возможно с аналоговыми трекерами. Поэтому и при отслеживании призмы SX12 способен надежнее следовать за захваченной целью даже тогда, когда в поле зрения трекера попадают один или более отражающих объекта.

#### **Основные факты для усвоения:**

- Все три оси (трекера, дальномера и телекамеры) в инструментах SX коаксиальны
- Минимальное расстояние между призмами зависит от размера призм и расстояния до них. Изображения двух целей не должны накладываться друг на друга на детекторе для того, чтобы трекер мог распознать их как две отдельные цели.
- SX12 имеет расширенные возможности по распознаванию целей: разнесение около 40 мм между их центрами на близких расстояниях, и 85 мм на 100 м.

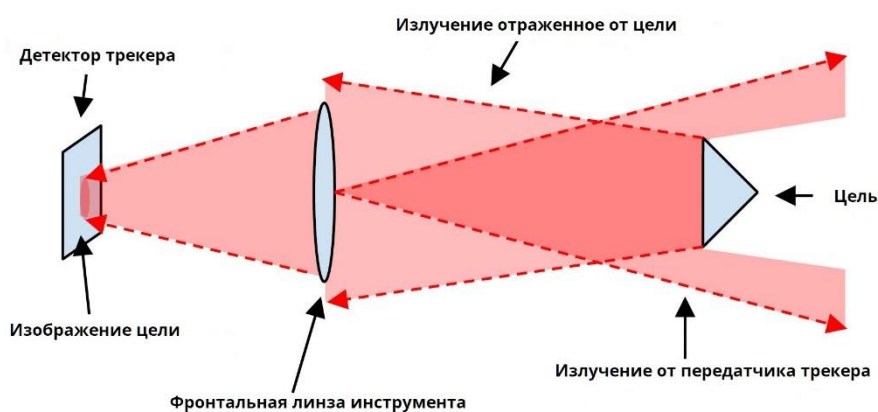
## Принцип отслеживания в Trimble SX12

SX12 подсвечивает цель лазером передатчика своего трекера и наводит инструмент по отраженному от цели излучению.



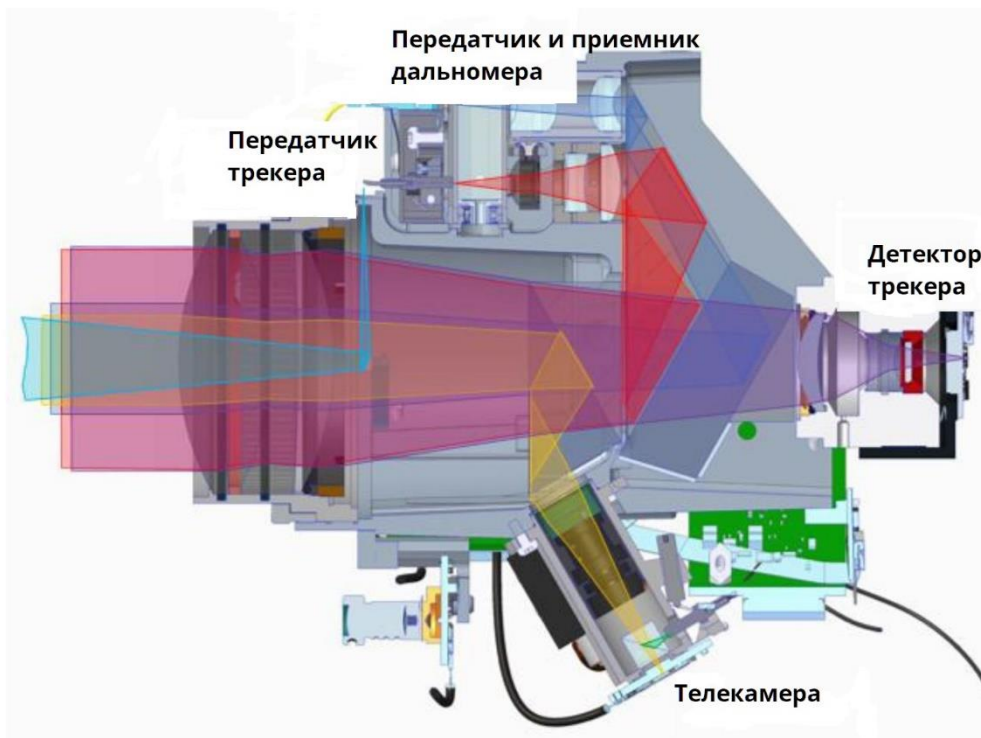
**Рисунок 1.** SX12 подсвечивает цель передатчиком трекера, а отраженное от цели излучение возвращается в инструмент.

Отраженное от цели излучение фокусируется передними линзами SX12 на специальный датчик камеры трекера (называемый детектором трекера). Отражение от цели создает изображение на этом детекторе.



**Рисунок 2.** Схематичное изображение трекера SX12 с захватом цели.

Как видно на рисунке зрительной трубы в разрезе, оси трекера, дальномера и телекамеры коаксиальны. Преимуществом такого подхода с отсутствием окуляра в SX12 является возможность установки детектора трекера в центре задней части зрительной трубы; это обеспечивает более стабильную оптическую длину пути для трекера, и следовательно, повышенное качество наведения.



**Рисунок 3.** Зрительная труба SX12 в разрезе.

Процесс идентификации цели трекером состоит из трех шагов, которые повторяются чаще 100 раз в секунду для обеспечения равномерного отслеживания Autolock:

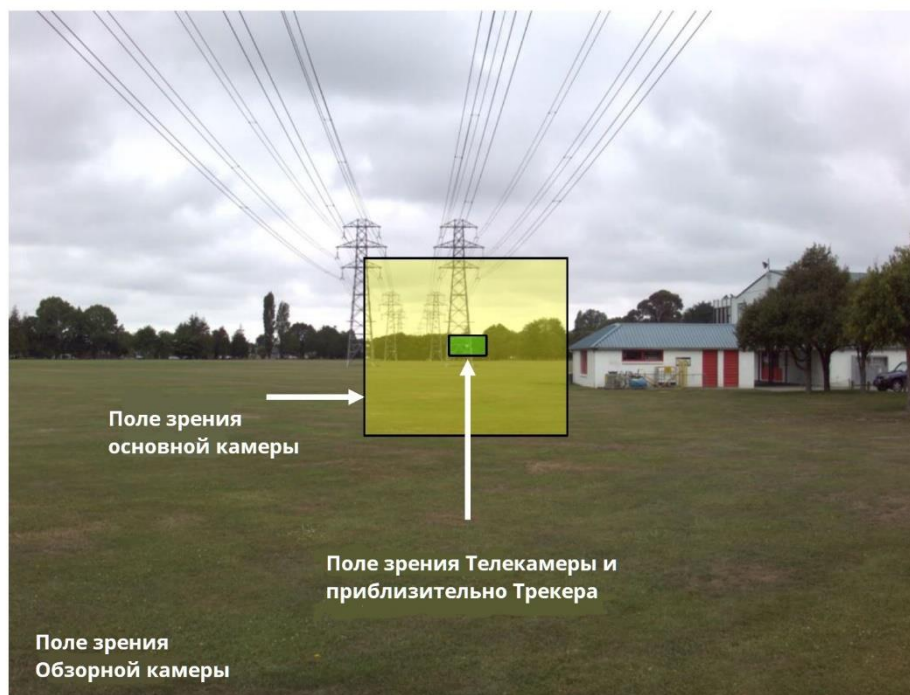
1. Передатчик излучает ИК излучение, а детектор трекера захватывает изображение.
2. Передатчик отключается и детектор трекера захватывает второе изображение.
3. Призма(ы) идентифицируется после вычитания одного изображения из другого, как показано на рисунке ниже:



**Рисунок 4.** Распознавание цели, используя разность двух изображений с включенным и выключенным передатчиком.

## Поле зрения SX12

Поле зрения трекера SX12 приблизительно равно полю зрения телекамеры. Если вы не видите цель в телекамеру, то и трекер не сможет обнаружить её тоже.

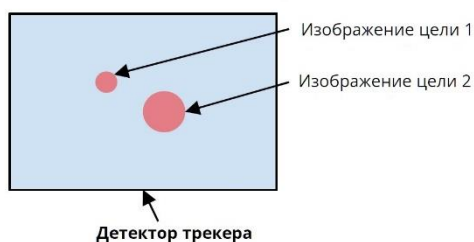


*Рисунок 5. Поле зрения камер SX12 и отслеживающей системы.*

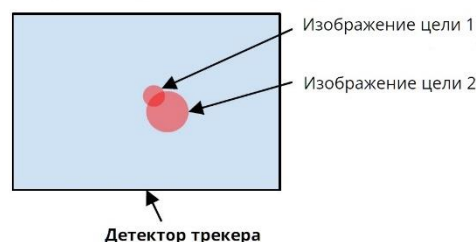
## Минимальное разнесение призм - теория

Минимальное расстояние между призмами, требуемое для их распознавания как отдельных сигналов, зависит от размера призм и расстояния от тахеометра. Размер призмы и расстояние от тахеометра определяют, насколько большим будет изображение цели на детекторе трекера, и насколько далеко друг от друга будут разнесены изображения отдельных целей. Трекер способен различить два независимых изображения целей, если они не перекрываются. Здесь нужно отметить, что имеется одна ситуация, в которой желательно, чтобы несколько призм были видны как единая цель - когда используется призма 360. Отраженные сигналы от нескольких маленьких призм внутри призмы 360 интерпретируются как одна цель для того, чтобы тахеометр мог навестись на центр кластера.

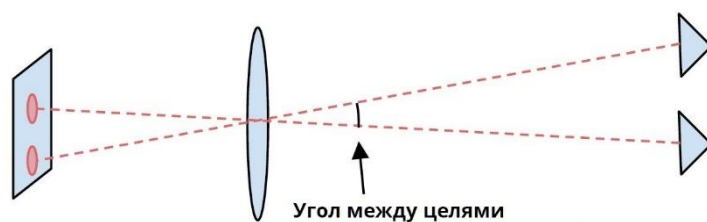
Два изображения, интерпретируемых как отдельные цели



Два изображения, интерпретируемых как одна цель



**Рисунок 6.** Если изображения двух призм на детекторе трекера не перекрываются, то они будут распознаны как отдельные цели.



**Рисунок 7а.** Угол между двумя целями соответствует расстоянию между двумя изображениями на детекторе трекера.



**Рисунок 7б.** Те же цели, что на Рисунке 7а, но на БОльшем расстоянии. Разнесение между двумя целями в мм осталось прежним, но большее расстояние дает меньший угол, и поэтому два изображения на детекторе ближе друг к другу.

Камера трекера сфокусирована на бесконечность, в то время как цель находится на близком расстоянии, влияя на размер изображения цели. Этот эффект аналогичен размытию фона на изображении камеры, когда малые источники света не в фокусе расширяются в яркие диски на изображении. Яркие нефокусированные диски становятся тем больше, чем дальше от фокуса источники света (а также, если камера имеет широкие линзы).



**Рисунок 8а.** Изображение с яркими источниками света. Камера сфокусирована на источник света.

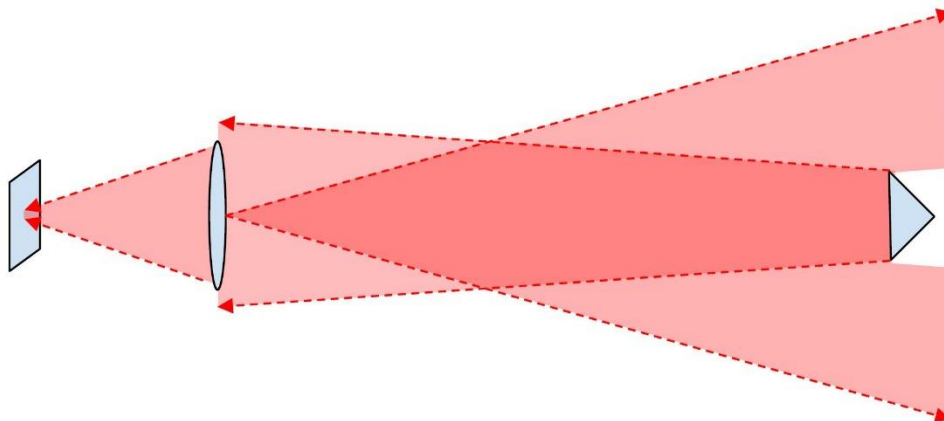


**Рисунок 8б.** Показаны те же яркие источники света, что на Рисунке 8а, но теперь камера сфокусирована на намного большее расстояние. Заметьте, что изображения источников света расширились в яркие диски из-за расфокусировки.

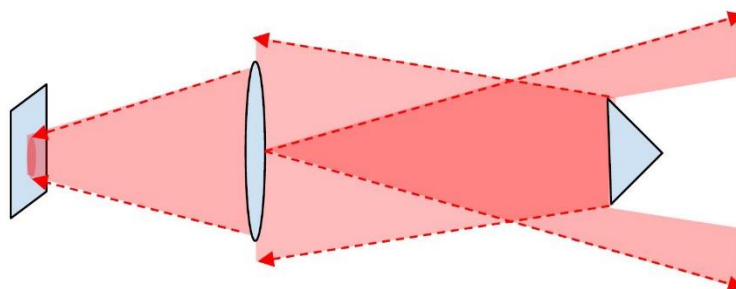
В SX12 таким малым источником излучения является лазер передатчика трекера, который подсвечивает цель и получает отраженный от призмы сигнал на инструмент. Детектор трекера видит отражение передатчика от призмы и воспринимает его как расположенное в два раза дальше от самой призмы. Это похоже на то, когда вы смотрите в зеркало, а расстояние между вами и вашим отражением удваивается с расстоянием между вами и зеркалом.

Призма — это зеркало, которое позволяет SX12 видеть и наводить собственный передатчик трекера. Хотя лазер передатчика является по сути точечным источником, но поскольку система отслеживания сфокусирована на бесконечность, то вследствие расфокусировки изображение цели увеличивается, если она перемещается ближе к инструменту, как показано на Рисунке 8б.





**Рисунок 9а.** Цель на большом расстоянии создает малое изображение на детекторе трекера.

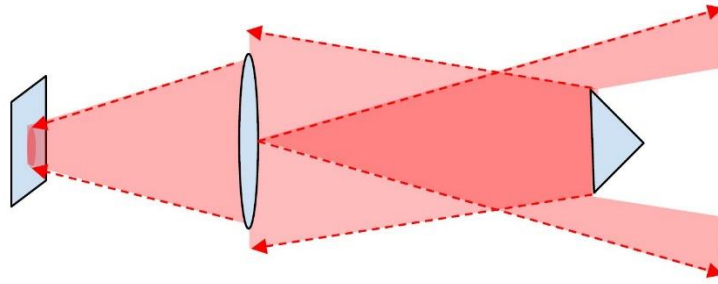


**Рисунок 9б.** Та же цель на близком расстоянии дает большее изображение на детекторе трекера.

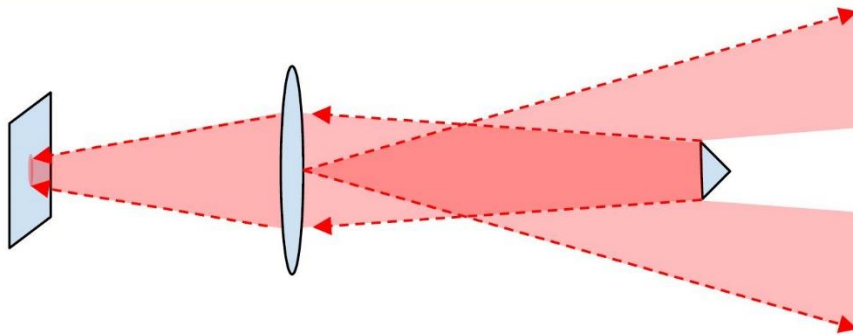
Размер изображения цели уменьшается при увеличении расстояния до неё. Это значит, что на больших расстояниях угол между двумя призмами может уменьшаться, а SX12 будет все еще разделять их. Но это справедливо, если бы только разрешение оптики следящей системы определяло нижнюю границу углового разрешения между двумя призмами.

Диаметр объектива трекера SX12 равен 50 мм, но вся его поверхность будет принимать излучение только тогда, когда призма достаточно велика.

Изображения призм диаметром 25 мм и более полностью заполняют объектив и поэтому создают диски расфокусировки одного размера, что означает, что наименьшее разнесение призм (от центра до центра) одинаково для всех призм диаметром 25 мм или более. С другой стороны, призмы меньше 25 мм будут отображать меньшие диски расфокусировки, и поэтому могут быть размещены ближе друг к другу для возможности их распознавания трекером.



**Рисунок 10а.** При использовании больших призм (более 25 мм) возвращаемое от цели излучение полностью заполняет объектив инструмента, поэтому именно объектив ограничивает величину излучения, фокусируемой на детекторе. Если призма размером 25 мм и более, то размер её изображения ограничивается размером объектива и дальнейшее увеличение размера призмы не увеличит размер её изображения.



**Рисунок 10б.** Возвращаемое от малых призм излучение не заполняет полностью переднюю линзу инструмента и обеспечивает их меньшее изображение на детекторе.

Подведем итоги:

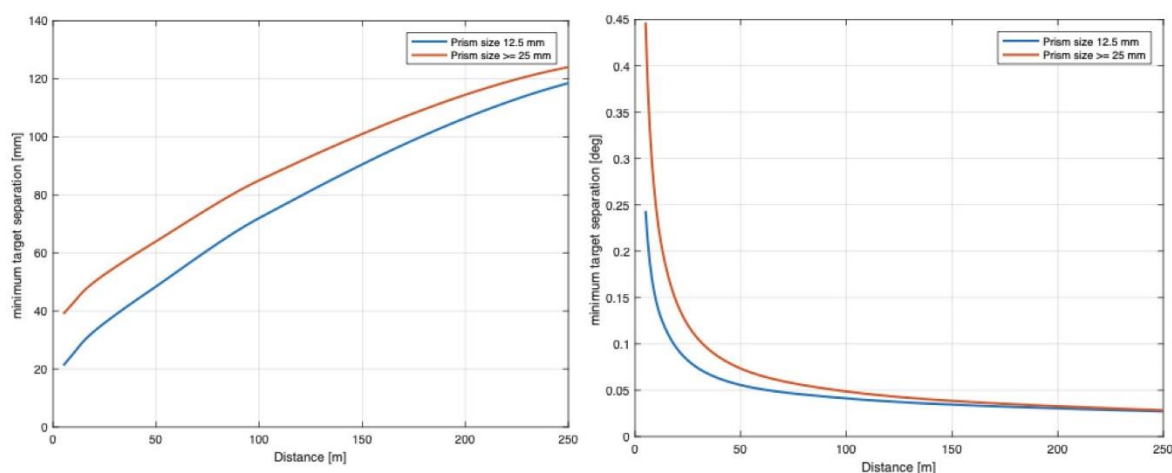
- Все три оси (трекера, дальномера и телекамеры) в инструментах SX коаксиальны
- Минимальное расстояние между призмами зависит от размера призм и расстояния до них. Изображения двух целей не должны накладываться друг на друга на детекторе для того, чтобы трекер мог распознать их как две отдельные цели.
- SX12 имеет расширенные возможности по распознаванию целей: разнесение около 40 мм между их центрами на близких расстояниях, и 85 мм на 100 м.
- На коротких расстояниях минимальное расстояние между призмами главным образом ограничивается расфокусировкой, хотя малые призмы позволяют уменьшить минимальное расстояние.
- На больших расстояниях минимальное расстояние между призмами ограничивается разрешением следящей системы и характеризуется постоянным углом.
- Призмы диаметром 25 мм и более имеют одинаковое минимальное разрешение (расстояние между центрами призм).



## Минимальное разнесение призм – практические результаты

Расстояние до цели [м]	Призма диаметром <b>25 мм</b> или более		Призма диаметром <b>12.5 мм</b>	
	Минимальное разнесение [мм]	Минимальное разнесение [градусы]	Минимальное разнесение [мм]	Минимальное разнесение [градусы]
5	39	0.447	22	0.244
10	43	0.244	26	0.146
15	47	0.179	30	0.114
20	50	0.142	33	0.095
30	55	0.105	39	0.074
50	64	0.073	49	0.056
100	85	0.049	72	0.041
250	124	0.028	118	0.027

**Рисунок 10.** В таблице показаны минимальные разнесения, на которых инструмент все еще распознает две призмы как отдельные цели. Значения минимального разнесения как в линейной, так и в угловой мере указаны для точек между центрами призм.



**Рисунок 11.** Данные Рисунка 10 в графическом виде.

Для вычисления минимального расстояния между двумя призмами различного размера нужно просто усреднить значения минимальных расстояний для призм разных размеров.

Например, давайте вычислим минимальное разнесение двух призм на расстоянии 30 метров, одна из которых имеет диаметр 25 мм, а вторая 12.5 мм:

Сначала взгляните на значения минимального разнесения на Рисунке 10:

На расстоянии 30м призма 25 мм требует разнесения 55 мм для призм такого же размера.

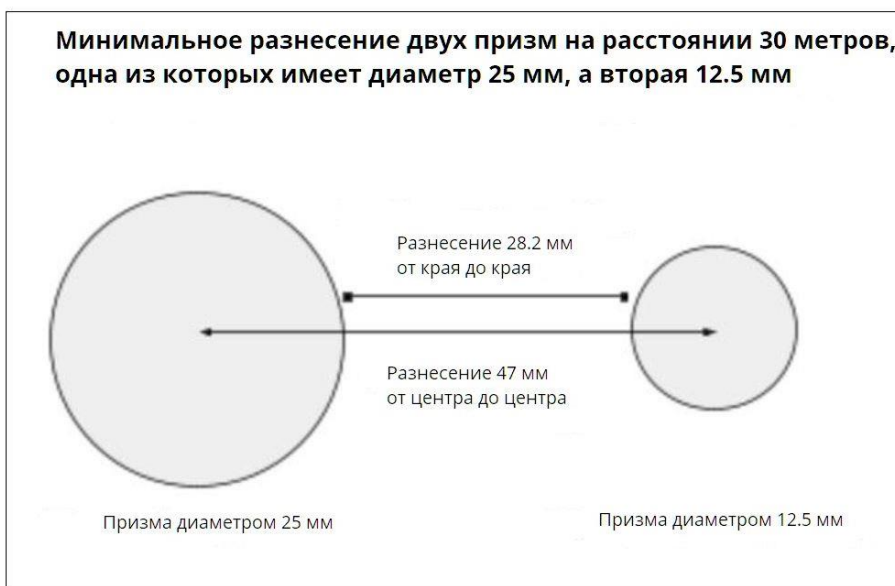
На расстоянии 30м призма 12.5 мм требует разнесения 39 мм для призм такого же размера.

Теперь просто вычислим среднее из этих значений:

$$(55 \text{ мм} + 39 \text{ мм}) \div 2 = 47 \text{ мм}$$

Ответ:

На расстоянии 30м две призмы размером 25 мм и 12.5 мм должны быть разнесены между собой на расстояние минимум 47 мм от центра до центра.



**Рисунок 12.** Пример вычисления минимального разнесения

Для вычисления минимального углового разрешения для двух целей на разных расстояниях нужно усреднить значения минимальных углов разнесения для разных расстояний.

Например, вычислим минимальное угловое разнесение между двумя призмами диаметром 25 мм: одна на расстоянии 10 м, а другая 100 м:

Сначала взгляните на значения минимального разнесения на Рисунке 10:

На расстоянии 10м призма 25 мм требует разнесения  $0.244^\circ$  для призм одного размера.

На расстоянии 100м призма 25 мм требует разнесения  $0.049^\circ$  для призм одного размера

Теперь просто вычислим среднее из этих значений:

$$(0.244^\circ + 0.049^\circ) \div 2 = 0.147^\circ$$

Ответ:

Две призмы диаметром 25мм, одна на расстоянии 10м, а другая 100м, должны быть разнесены между собой на угол  $0.147$  градуса ( $2.5$  мрад) от центра до центра.

## Сравнение с инструментами Trimble S серии

Все тахеометры Trimble S серии оснащены технологией Autolock для поиска, отслеживания и автонаведения на призмы.

Однако для точного наведения на близко расположенные призмы была разработана другая технология - Trimble FineLock® - которая доступна в инструментах Trimble S7, S9 и S9HP. В технологии FineLock используется только точный внутренний детектор приемного трекера с очень узким полем зрения, что позволяет устранить мешающие помехи от соседних призм и выполнить точное наведение на центр каждой призмы.

Характеристики отслеживания SX12 похожи на возможности Autolock, но их реализация отличается, поскольку в SX12 используется следящая система на основе камеры. Сужение поля зрения в SX12 не привело бы к сокращению минимального разнесения, поэтому технология, аналогичная FineLock, ему не требуется.

Из сравнения характеристик инструментов S серии и SX серии видно, что SX12 требует меньшего разнесения целей уже на расстояниях от 40 м и более.

Расстояние до цели [м]	Минимальное расстояние между двумя призмами диаметром <b>25 мм</b>		
	SX серия [мм]	S серия FineLock для мониторинга [мм]	S серия FineLock для съемки [мм]
10	43	16	40
25	52	40	100
50	64	80	200
100	85	150	400
200	114	300	800

**Рисунок 13.** В таблице показаны минимальные разнесения, на которых инструменты все еще распознают две призмы как отдельные цели. Значения указаны для точек между центрами призм.

Другими словами, на больших расстояниях SX12 требует разнесения между призмами почти в 10 раз меньше, чем тахеометры S серии с FineLock.

## Распространенные типы призм

Для использования в мониторинговых приложениях Trimble использует следующие модели призм:

Описание	Артикул	Диаметр призмы	Изображение
Small Monitoring Prism	58008030	25 мм	
Large Monitoring Prism	58008042	62 мм	
Asphalt Mount for Prisms	4520802-MON	12.5 мм	

## Дополнительная информация

- [Новая технология отслеживания Advanced Autolock в Trimble SX10](#)
- [Autolock или FineLock – что выбрать?](#)
- <https://geospatial.trimble.com/Optical-Accessories#OpticalPrismsTargets>
- <https://monitoring.trimble.com/accessories>