

## Пресс-релиз Sensor Instruments

Октябрь 2021

### Контроль распыленной струи в проходящем свете

**21.10.2021. Sensor Instruments GmbH:**

При создании систем распыления следует учитывать, что датчики должны соответствовать геометрии конуса распыления и количеству распыляемого продукта соответствующего применения. Геометрия конуса распыления и количество распыляемого продукта зависят также от используемой среды (грунтовая краска, клей, растворитель, вода, алкоголь, краска и т.п.), а также от отверстия распылителя, избыточного давления и дозирования распыляемого продукта. Особенно при использовании в качестве распыляемого продукта вязких, липких сред (клей) может случиться так, что часть отверстия распылителя будет заклеена, что приведет к изменению как количества распыляемого продукта, так и геометрии распыления. У распыленной струи может при этом измениться как направление, так и угол раскрытия.

При разработке системы контроля распыленной струи очень важно, поэтому, ответить на следующие основные вопросы:

1. Достаточно ли оценки качества распыления (да/нет или распыление в порядке/не в порядке) или требуется точный анализ (геометрия струи, количество распыляемого продукта)?
2. Какая среда распыляется (грунтовка, клей, растворитель, вода, алкоголь, краска и т.п.) и каким образом осуществляется оптимальное сканирование среды (взаимодействие с оптическим сканированием: размер и распределение капель)?
3. Какие воздействующие факторы определяют /нарушают качество струи во время распыления? Каковы условия для проведения оптического сканирования процесса распыления?

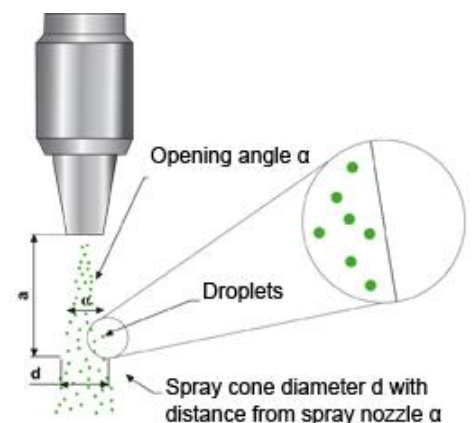
Целью встроенного контроля распыленной струи является автоматический контроль качества распыления во время производственного процесса.

### Принцип измерения

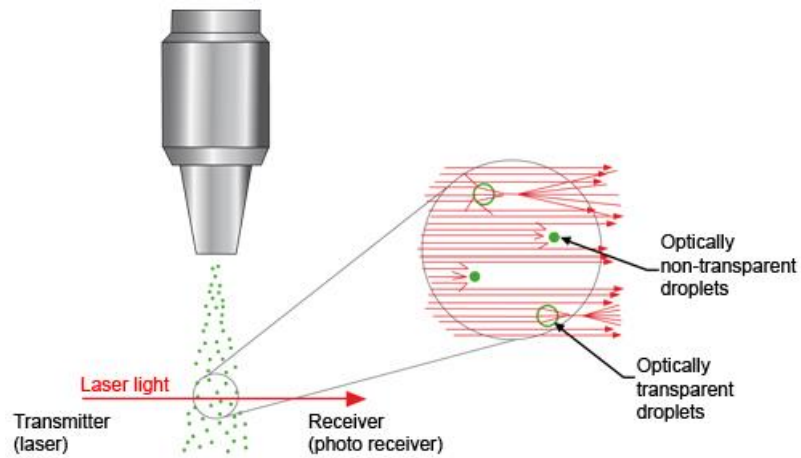
#### Что такое собственно распыленная струя?

Распыленная струя представляет собой как правило “поток” из отдельных маленьких капель, возникающих вследствие распыления жидкости на выходе из распылительного сопла или из-за турбулентности на сопле. Размер капель при этом может составлять как несколько микрометров, так и несколько сотен микрометров, это зависит в первую очередь от распыляемой среды. Капли покидают отверстие сопла с определенной скоростью и затормаживаются затем вследствие трения воздуха.

Распыляемая струя определяется углом раствора конуса распыления и количеством распыляемого продукта (капли/единица времени или расход распыляемого продукта).

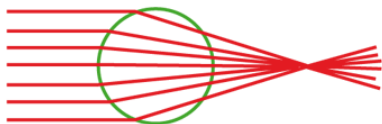


## Как контролируется распыленная струя?

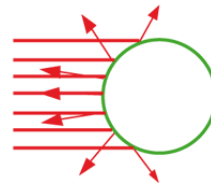


Для выдачи информации о количестве распыляемого продукта лазерный луч, напр. лазерного барьера, проводится сквозь конус распыления. После его выхода на приемнике измеряется интенсивность светового луча. На пути сквозь конус распыления часть лазерного луча отклоняется отдельными каплями распыленной струи и не попадает в приемник.

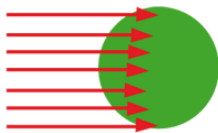
Отклонение происходит из-за отражения на поверхности капель или из-за фокусирования лазерного излучения, так как капли, если они прозрачные, действуют как микролинзы. Часть света при этом поглощается каплями или из-за дифракции на граничной поверхности не попадает в приемник.



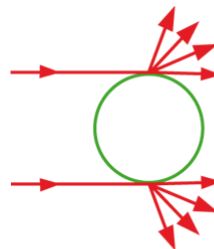
1) Фокусировка лазерного пучка



2) Отражение лазерных лучей



3) Поглощение лазерного излучения



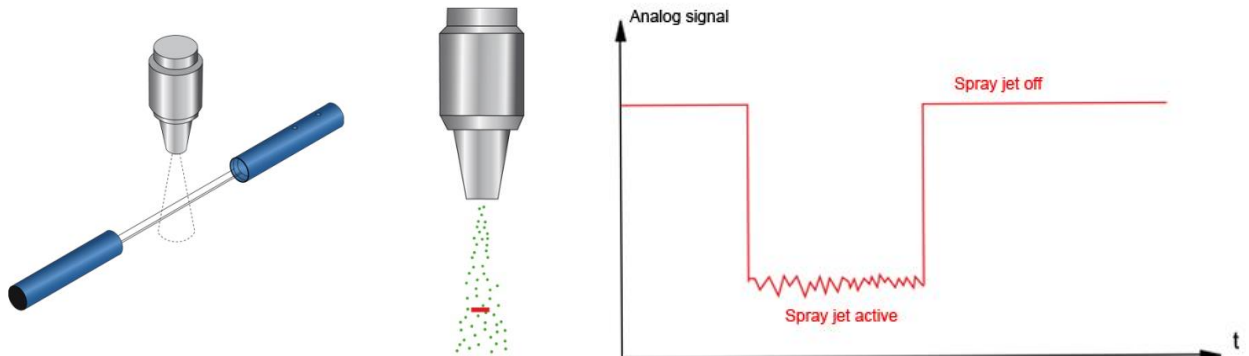
4) Дифракция лазерных лучей

## Методы контроля распыленной струи в проходящем свете:

### 1. Метод проходящего луча

→ датчики D-LAS2, SPECTRO-1-CONLAS или A-LAS

Для этого лазерный пучок, преимущественно с щелевидной диафрагмой, пропускается через середину распыленной струи.



Ослабление сигнала по сравнению с отсутствием распыленной струи служит в качестве меры для количества распыляемого продукта. Этот метод используется главным образом, если требуется информация о количестве распыляемого продукта или о том, имеется ли струя распыленного продукта в наличии или нет!

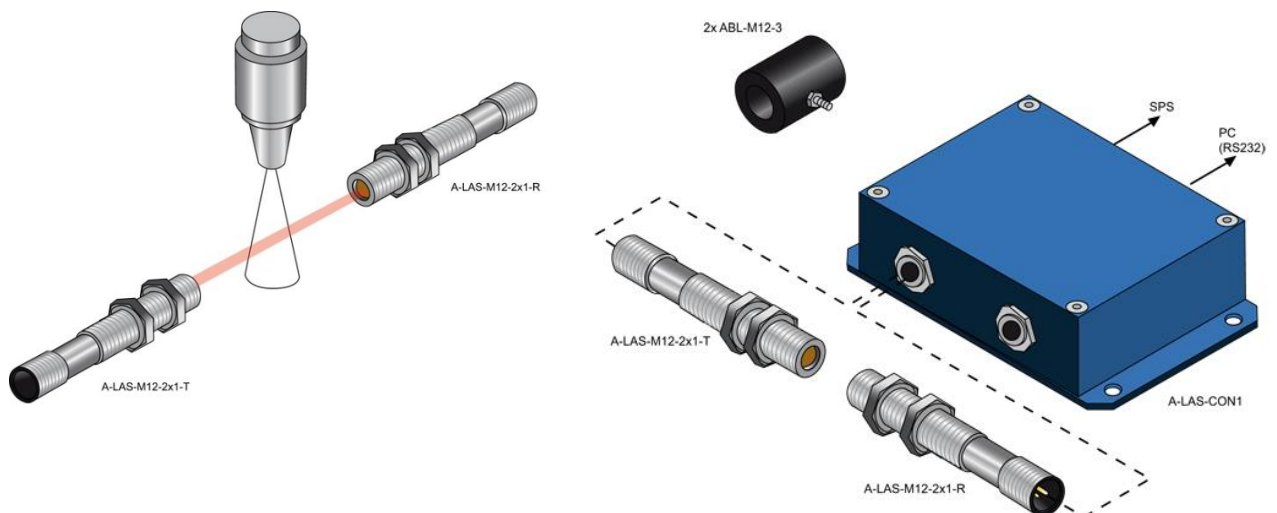
Принцип действия системы A-LAS-CON1 для [контроля распыленной струи](#) или для [контроля микродозирования](#) подробно разъяснен в двух [видеоуроках](#). При нажатии на ссылку открывается соответствующее видео на нашем YouTube-канале.

### Пример: Системы лазерных барьеров с контроллером: Серия датчиков: A-LAS

Тип датчика: A-LAS-M12-2x1-T (излучатель) + A-LAS-M12-2x1-R (приемник) + A-LAS-CON1 (контроллер)

С помощью контроллера с ПО A-LAS-CON1-Score можно провести калибровку системы перед распылением.

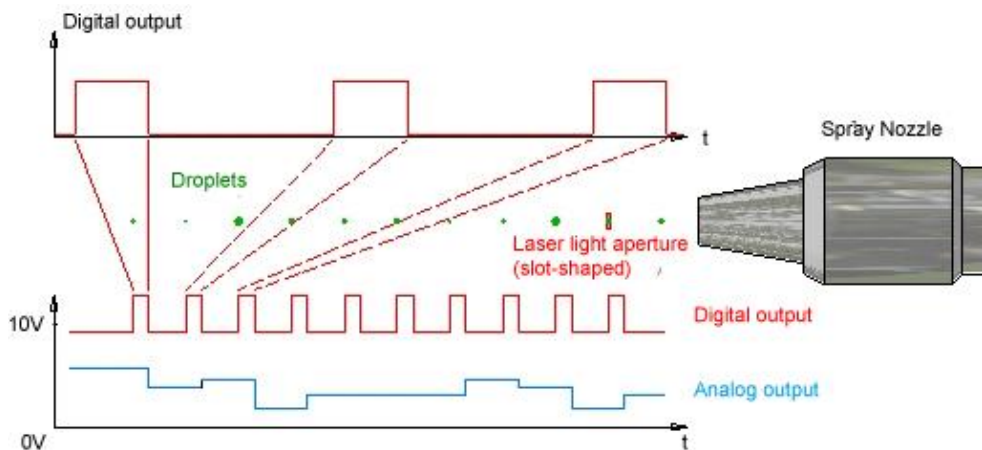
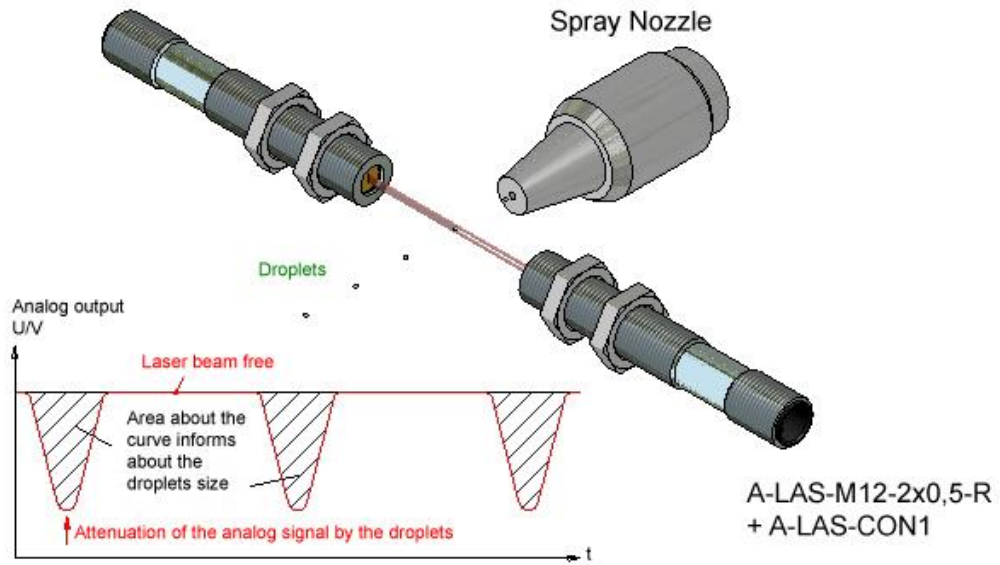
Это позволит обнаружить даже минимальные количества распыляемого продукта, так как возможные загрязнения могут компенсироваться посредством калибровки (на 100%) и порог обнаружения будет составлять почти 100% (напр. 99,7%). Контроллер обеспечивает как выдачу аналогового сигнала, так и выход цифрового сигнала, который сообщает о недостижении порога обнаружения.



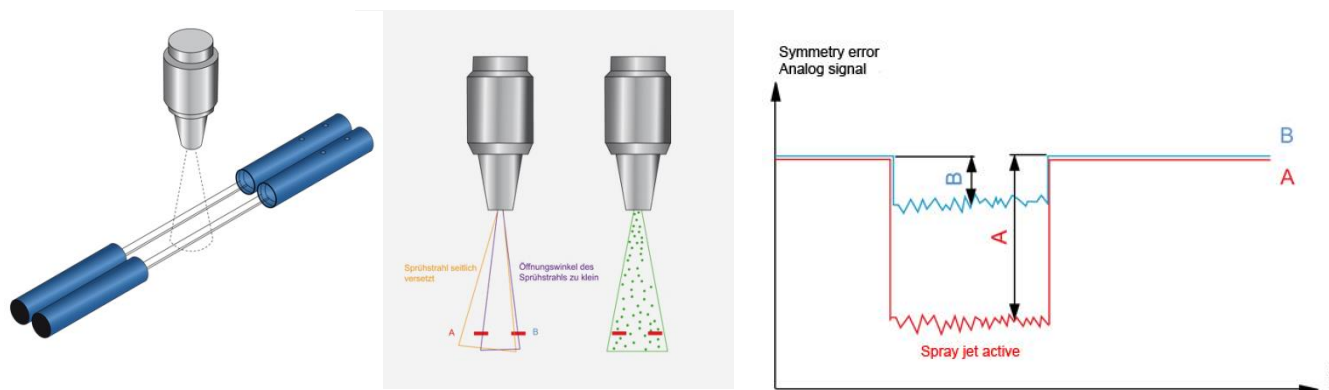
Если датчик достаточно быстрый, Вы сумеете распознать короткие прерывания, возникающие из-за пузырьков воздуха. При контроле микродозирования, когда необходимо характеризовать отдельные капли, можно анализировать даже размер капель.

Идеальным решением для контроля микродозирования будет датчик серии A-LAS с отвечающей размеру капель апертурой в соединении с контроллером A-LAS-CON1, так как такая сенсорная система имеет высокую частоту сканирования и переключения. Размер капли сохраняется на аналоговом выходе, пока не подойдет следующая капля.

A-LAS-M12-2x0,5-T



## 2. Метод двух проходящих лучей → Датчики A-LAS-CON1 или SI-JET



Симметрия струи и количество распыляемого продукта определяются следующим образом:

$$\text{NORM} = \frac{A}{A+B} * 4096 = \text{СИММЕТРИЯ}$$

$$\text{INT} = \frac{A+B}{2} * 4096 = \text{КОЛ-ВО РАСП.ПРОДУКТА}$$

Наряду с контролем количества распыляемого продукта с помощью этого метода условно можно провести также контроль симметрии. Таким образом, уже здесь можно обнаружить боковое смещение конуса распыления. Двухлучевая система используется главным образом, если требуется простая и недорогая проверка симметрии конуса распыления.

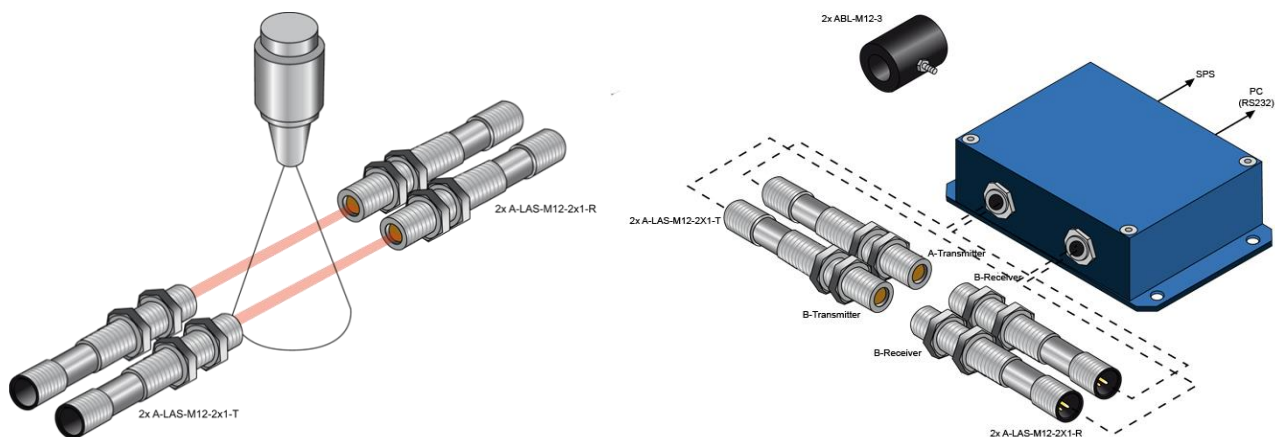
### Пример: Двухлучевая система лазерных барьеров: серия датчиков: A-LAS

Тип датчика: A-LAS-M12-2x1-T (излучатель 2x) + A-LAS-M12-2x1-R (приемник 2x) + A-LAS-CON1 (контроллер)

Оба лазерных датчика A-LAS управляются и анализируются контроллером A-LAS-CON1. Калибровка проводится между процессами распыления, после внешнего цифрового сигнала (напр. от ПЛК), который сообщает контроллеру, когда можно проводить калибровку. С помощью обоих лазерных датчиков можно легко провести контроль симметрии. Также можно осуществлять мониторинг количества распыляемого продукта. Для предотвращения загрязнения крышек оптики лазерных датчиков используются насадки для обдува ABL-M12-3.

Имеются 3 цифровых выходных сигнала: SYMMETRIE OK / NOK. (СИММЕТРИЯ В ПОР/Н.В ПОР) - SIGNAL A OK / NOK. (СИГНАЛ A В ПОР/Н.В ПОР) - SIGNAL B OK / NOK (СИГНАЛ B В ПОР/Н.В ПОР).

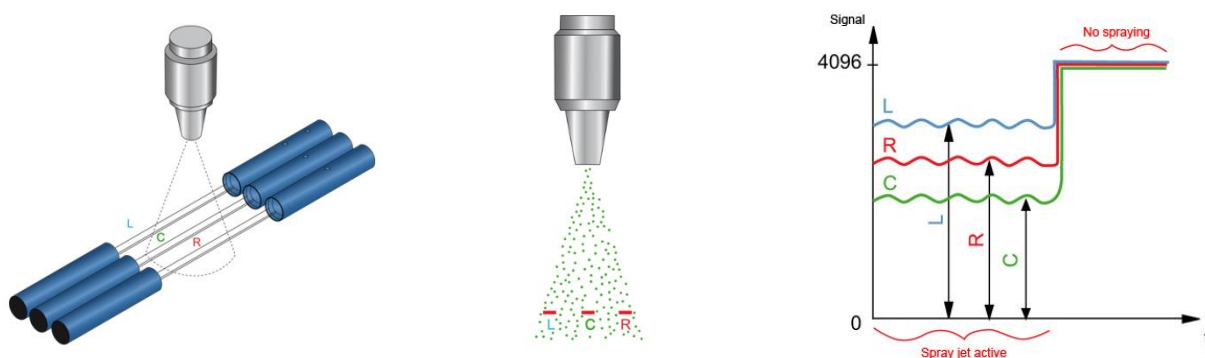
Система проверяет, находятся ли SIGNAL A, SIGNAL B и SYMMETRIE в заданных пределах допуска.



### 3. Метод трех проходящих лучей

#### → Датчики SI-JET или новая лазерная система SI-JET-CONLAS3

С помощью этого метода можно установить даже мелкие отклонения в симметрии или количестве распыляемого вещества.



При этом на выбор имеются два режима анализа: АБСОЛЮТНЫЙ и ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ. В обоих режимах анализируется плотность струи (DENSITY), а также соотношение обоих краевых лучей (SYM1) и отношение центрального луча к обоим краевым лучам (SYM2).

В режиме АБСОЛЮТНЫЙ значения L, C, R используются непосредственно в следующих уравнениях:

$$DENSITY = \frac{(L+C+R)}{3}$$

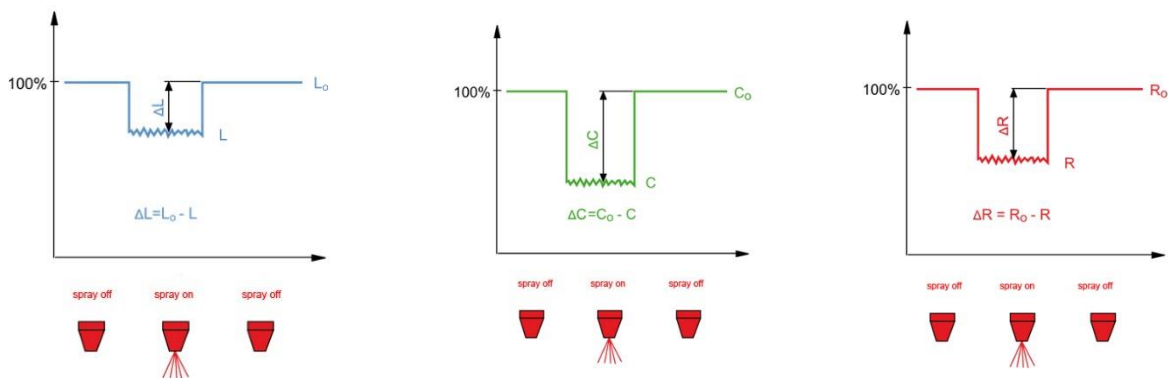
$$SYM1 = \frac{L}{L+R} * 1000$$

$$SYM2 = \frac{C}{C + \frac{L+R}{2}} * 1000$$

L, C, R являются при этом исходными значениями 3 каналов со значением 0 - 4096 (12 Бит).

В режиме ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ устанавливается соотношение соответствующих исходных значений L, C, R во время процесса распыления с исходными данными L0, C0, R0 – которые возникают, если распыления нет. Исходные данные L0, C0 и R0 являются при этом 100%-значениями!





Для количества распыляемого продукта:

$$\text{DENSITY} = \Delta C$$

Для обеих симметрий:

$$\text{SYM1} = \frac{\Delta L}{\Delta L + \Delta R} * 1000$$

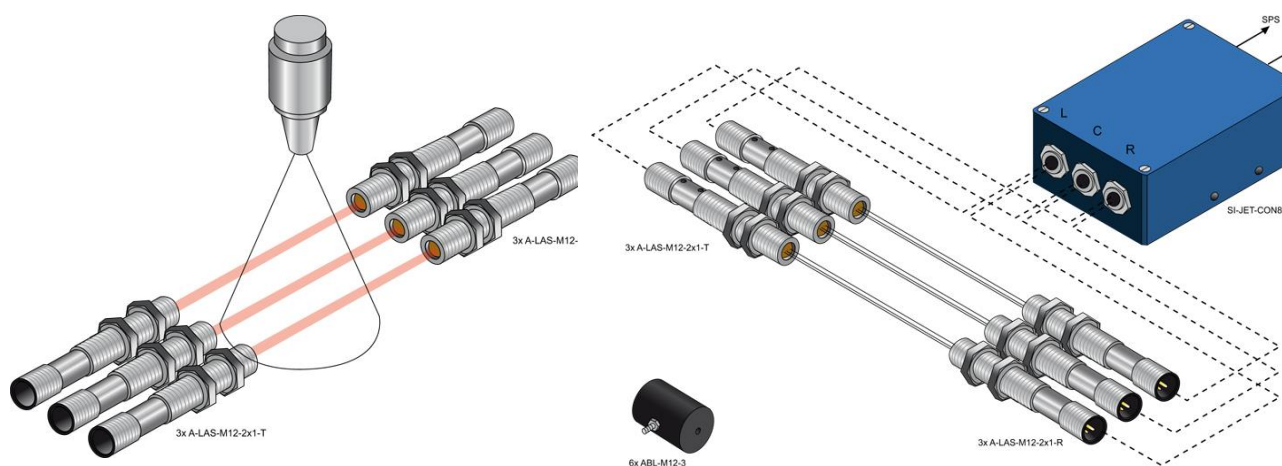
$$\text{SYM2} = \frac{\Delta C}{\Delta C + \frac{\Delta L + \Delta R}{2}} * 1000$$

Пример: Трехлучевая система лазерных барьеров – раздельное исполнение:

Серия датчиков: SI-JET

Тип датчика: A-LAS-M12-2x1-T (излучатель 3x) + A-LAS-M12-2x1-R (приемник 3x) + SI-JET3-CON8 (контроллер)

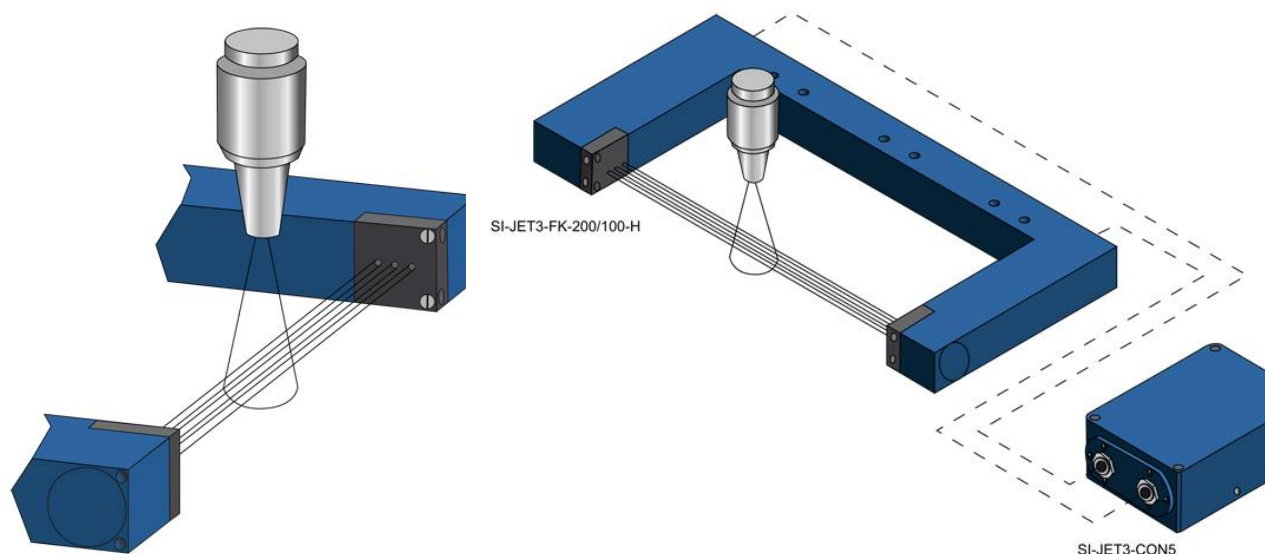
Три оптические насадки датчиков анализируются контроллером SI-JET3-CON8. Для анализа данных используется ПО SI-JET2-Score V3.0. Можно анализировать как количество распыляемого продукта (DENSITY), так и симметрию (SYM1, SYM2). В режиме ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ загрязнение компенсируется с помощью автоматической калибровки. Для распыленной струи можно задать 31 допустимое значение, чтобы использовать 5 цифровых выходов для своевременного сообщения об отклонении распыляемой струи.



Пример: Трехлучевые световые барьеры – исполнение вилка: серия датчиков: SI-JET

Тип датчика: SI-JET3-FK-200/100-H (насадка) + SI-JET3-CON5 (управляющая электроника)

У вилки имеются три световых пучка, каждый диаметром 3 мм и расстоянием между центрами в 5 мм. Для анализа распыляемого материала (DENSITY) и симметрии (SYM1, SYM2) используется ПО SI-JET2-Score V3.0. В режиме анализа ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ, который может использоваться, если интервал распыляемой струи лежит в диапазоне одной минуты, между интервалами проводится калибровка и, тем самым, компенсация возможных загрязнений. Режим АБСОЛЮТНЫЙ используется при непрерывной распыляемой струе. 5 цифровых выходов макс. 31 раз выдают информацию о соответствующих уровнях допуска. Таким образом можно легко реализовать индикацию тренда (напр. через ПЛК).

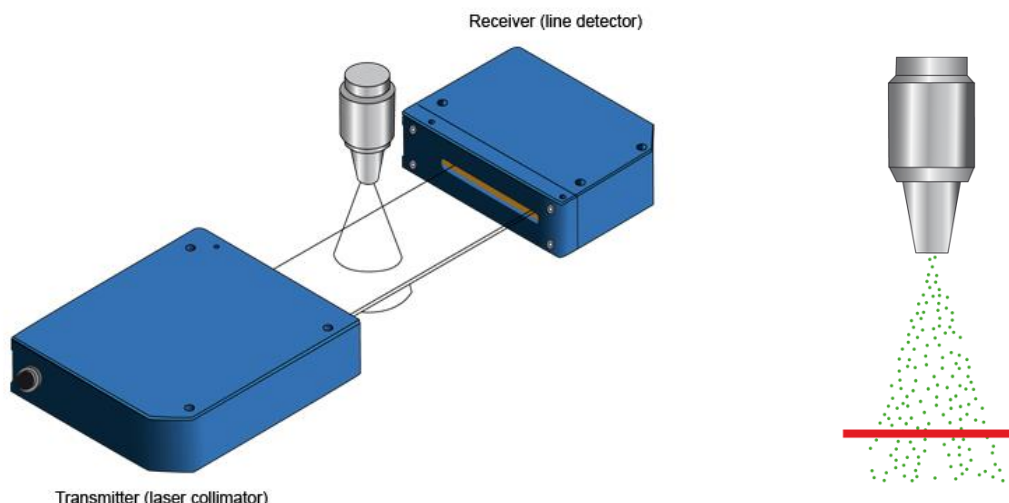


#### 4. Метод световой полосы

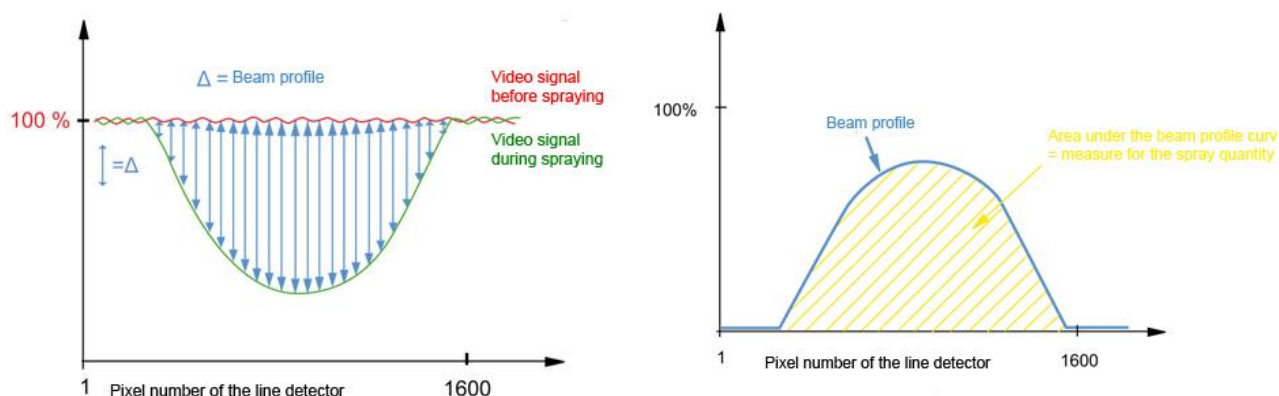
→ L-LAS-TB-xx-AL-SC датчику с ПО L-LAS Spray Control Scope

При этом на распыляемую струю направляется непрерывная световая полоса. Световая полоса как правило шире, чем диаметр конуса распыления, так что распыляемая струя всегда охватывается полностью. На противоположной стороне распыляемой струи находится линейный ПЗС приемник, обеспечивающий очень высокое разрешение вдоль линии. Благодаря этому можно провести сплошной анализ профиля струи, без пропусков. Для определения профиля струи сравнивается процентная разница между видеосигналами (линейные сигналы) до распыления и во время распыления.





Профиль распыленной струи (заглушающий профиль) дает информацию о местном распределении распыляемого продукта в струе.



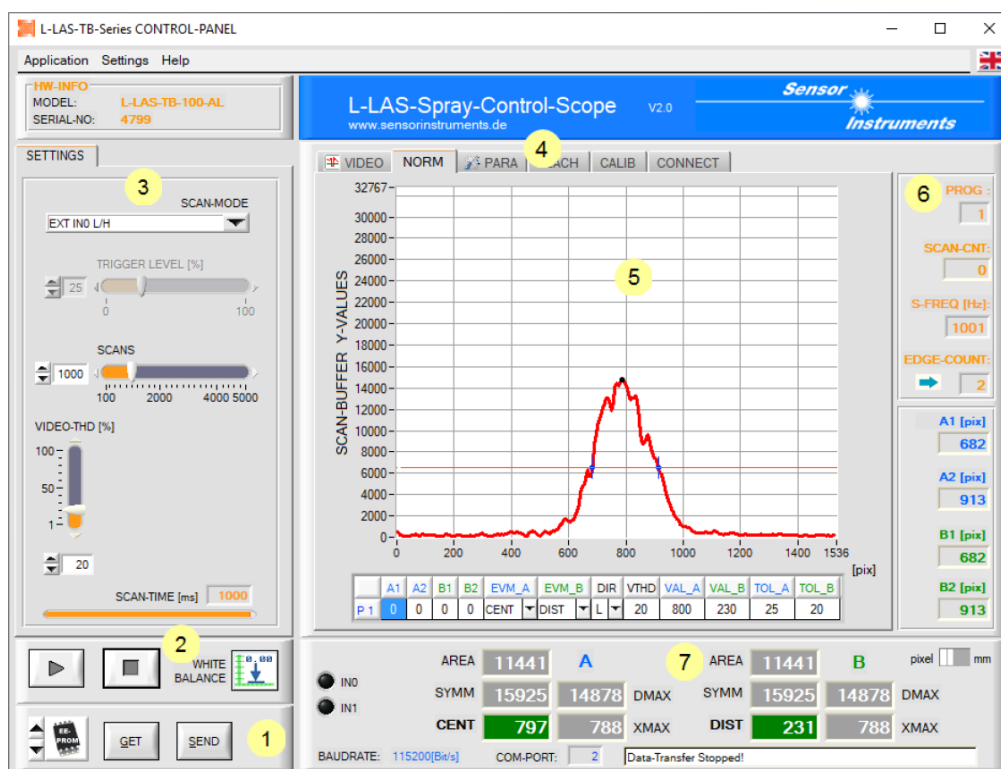
Профиль струи, базирующийся на ослаблении из-за распыляемой струи

Инвертированный профиль струи, представленный в L-LAS-Spray Control

Посредством записи множества последовательных сканов с помощью строчного ПЗС может быть рассчитано статическое распределение распыленных в пространстве капель. Этот метод подходит для подробного анализа и контроля качества распылительных форсунок.

Анализ с помощью метода световой полосы обеспечивает получение точных параметров для профиля струи. Он подходит для роботизированного распыления, при котором робот может периодически устанавливать форсунку в так называемую док-станцию для проведения необходимого для анализа теста распыления продолжительностью 1 - 2 сек.

Следующее изображение описывает основные функциональные элементы и элементы управления операционного программного обеспечения ПК L-LAS-Spray-Control-Score v2.0:



Пользовательский интерфейс L-LAS-Spray-Control-Score предлагает множество различных функций:

- Визуализация данных измерения в числовых и графических полях вывода.
- Установка источника освещения.
- Установка полярности цифровых переключающих выходов OUT0, OUT1, OUT2.
- Выбор подходящего анализирующего режима.
- Запись параметров в RAM, EEPROM память на управляющей электронике или в конфигурационный файл на жестком диске ПК.

- 1 Функциональные поля для передачи / считывания установочных параметров (передача данных).
- 2 Функциональные поля СТАРТ / СТОП для обмена данными по RS232 с датчиком.
- 3 Индикация актуального рабочего состояния на датчике (режим включения, порог анализа, ...)
- 4 Ряд табуляторов для переключения между различными графическими окнами.
- 5 Вывод графической информации (индикация изменения измеренных значений во времени с запрограммированным значением и интервалом допуска)
- 6 Числовые элементы индикации (частота измерений, число краев, номер программы, ...)
- 7 Индикация измеренных значений в [мм] или [пикселях].

Анализ распыленной струи проводится с датчиком L-LAS, который может сравнивать параметры распыленной струи с заданными значениями. Если все параметры в порядке, устанавливается цифровой выход. В качестве альтернативы результат, включая профиль струи, может считываться также с ПЛК посредством RS-232-протокола.

Пример: Серия L-LAS-TB-xx-T/R-AL-SC – стандартные лазерные линейные датчики для управления распыляемой струей:

Линейные датчики используются там, где требуются точные измерения или где размеры объекта должны определяться с высокой точностью.

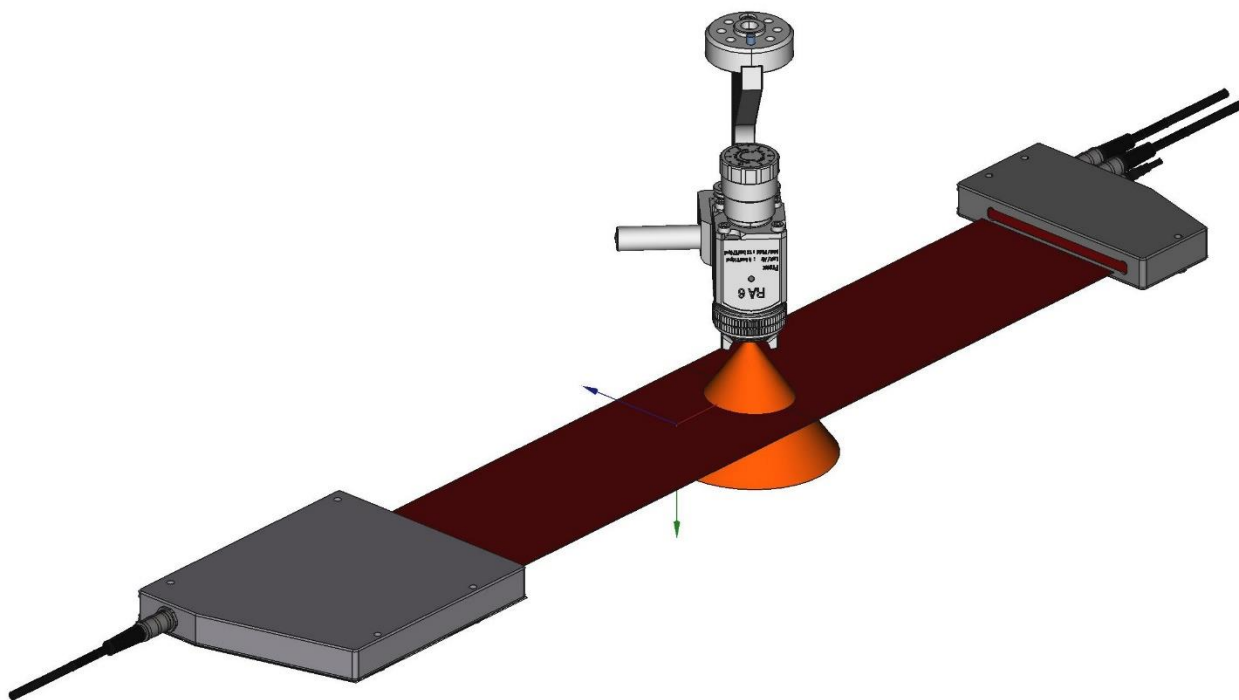
Сенсорная система L-LAS-TB-xx-AL-SC состоит из излучателя (L-LAS-TB-xx-T-AL-SC) и приемника с контроллером (L-LAS-TB-xx-R-AL-SC). Оптика излучателя и приемника как правило защищена устройствами для обдува.

Наши датчики контроля распыленной струи серии L-LAS поставляются со стандартным пакетом программ. Программа L-LAS-Spray Control-Scope v2.x выдает профиль распыленной струи, который в качестве файла с порядковым номером можно записать в ЗУ ПК и использовать для анализа профиля струи.

В настоящее время предоставляются следующие типы датчиков:

- (a) У датчика L-LAS-TB-28-T/R-AL-SC имеется лазерная завеса шириной 28 мм с очень высоким разрешением. Линейный детектор с прим. 2000 пикселей.
- (b) Датчик L-LAS-TB-50-T/R-AL-SC работает с лазерной завесой шириной 48 мм. У линейного детектора прим. 770 пикселей.
- (c) Датчик L-LAS-TB-75-T/R-AL-SC с лазерной завесой шириной 73 мм и линейным детектором с прим. 1200 пикселей.
- (d) Датчик L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC с лазерной завесой шириной 98 мм и линейным детектором с прим. 1600 пикселей.


В зависимости от условий применения могут выбираться другие диапазоны измерения (см. серию L-LAS-TB-AL).



L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC – сенсорная система для анализа распыленной струи со световой полосой 98мм

## 5. Использование контроля распыляемой струи во взрывоопасных зонах → датчики SI-JET со световодами

Чтобы даже в окружении с существующей длительное время взрывоопасной атмосферой из смеси воздуха и горючих газов, паров или тумана можно было осуществлять контроль распыленной струи, работы проводятся со световодами.

Так, даже во взрывоопасной зоне Ø в соответствии с директивой АТЕХ могут проводиться работы. При этом электронные и оптоэлектронные компоненты системы контроля распыленной струи находятся вне зоны Ø. Только оптические или оптомеханические компоненты (оптомеханическая насадка) находятся в -зоне. Связь между насадкой и устройством обработки данных осуществляется с помощью световодов.

Следует учесть, что плотность оптической мощности не должна превышать определенного предельного значения. У SI-продуктов плотность оптической мощности, однако, далека от допустимого предельного значения.

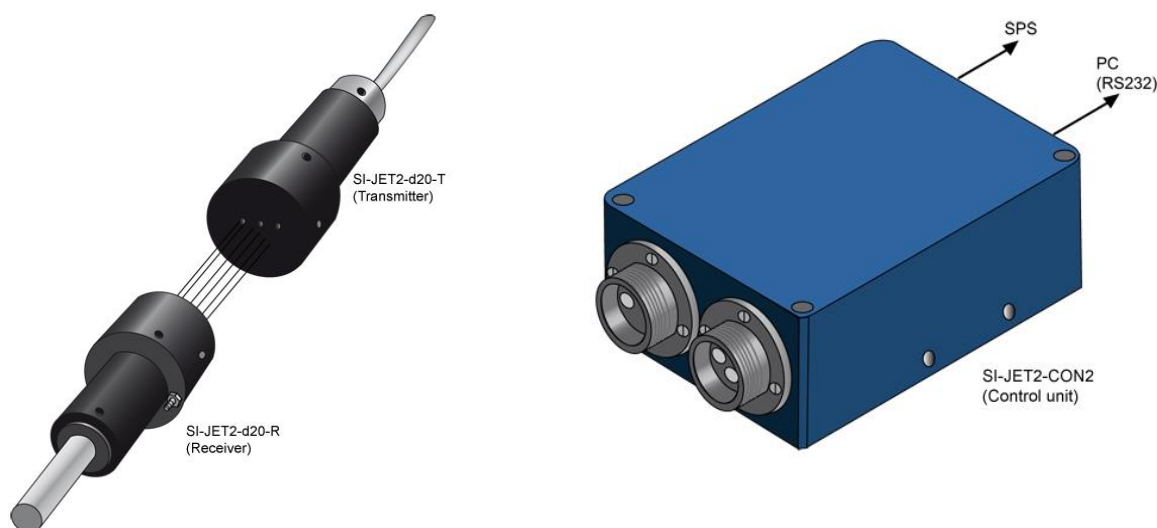


Более подробную информацию Вы найдете на нашем сайте: → Что есть что? → [Контроль распыленной струи](#)

С помощью оптоволоконных кабелей можно реализовать одно-, двух- и трехструйные системы в соответствии с требованиями применения струи.

### Пример для датчика контроля распыляемой струи: SI-JET2-d20-T (излучатель) + SI-JET2-d20-R (приемник) + SI-JET2-CON2.

На специальную насадку с помощью световода подается красный свет, а диафрагма, интегрированная в верхнюю насадку для обдува воздухом, создает 3 пучка света с диаметром 3 мм каждый и расстоянием между центрами 5 мм. Анализ проводится с программным обеспечением SI-JET2-Scope V3.0. Контроллер SI-JET2-CON2 имеет 5 цифровых выходов, которые также могут быть использованы для реализации индикации тренда (напр. через ПЛК).



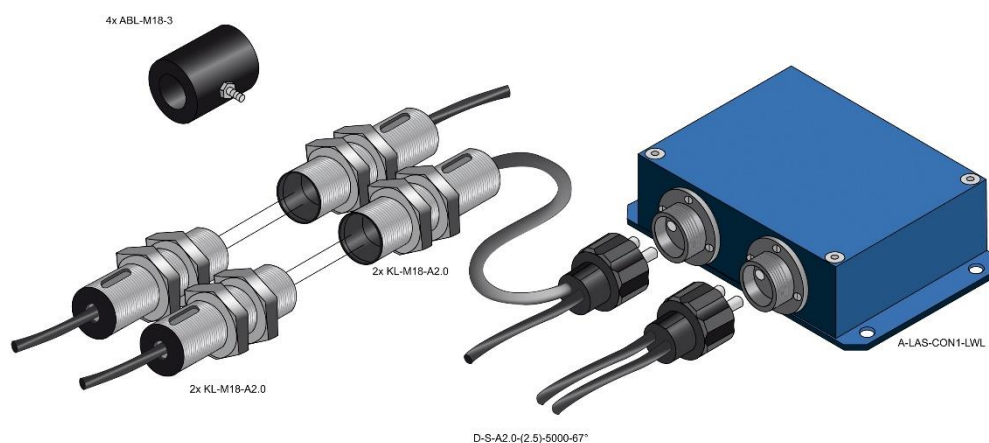
Пример для двухлучевого светового барьера для использования во взрывоопасной зоне:  
серия датчиков: A-LAS

Световод D-S-A2.0-(2.5)-500-67° + оптическая насадка KL-M18-A2.0 (2x) + контроллер A-LAS-CON1-FIO.

A-LAS-CON1-FIO выполняет задачи управления и анализа также как и A-LAS-CON1.

Так как в этом случае электронные и оптоэлектронные компоненты интегрированы в контроллере, а не в насадках датчиков, данный тип подходит для работы во взрывоопасной зоне.

Для защиты оптики устанавливаются насадки для обдува тип ABL-M18-3.



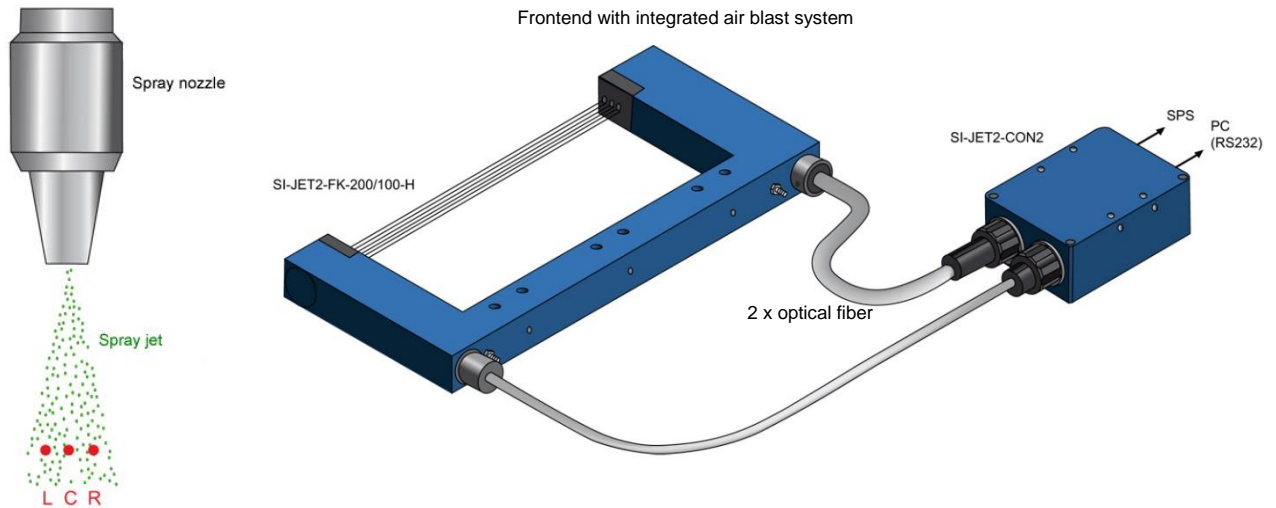
Пример для трехлучевого датчика: KL-M18-A2.0 (насадка) + R3-M-A2.0-(2.5)-500-67°-3x (световод) + SI-JET2-CON3 (контроллер)

У этого типа датчиков три луча красного света могут индивидуально настраиваться на соответствующую распыляемую струю. Для анализа используется программное обеспечение SI-JET2-Score V3.0. Данный тип датчика предлагает решающие преимущества для форсунок с большим углом раскрытия.



Пример для трехлучевого датчика, интегрированного в вилку: SI-JET2-FK-200/100-H (насадка) + SI-JET2-CON2 (контроллер)

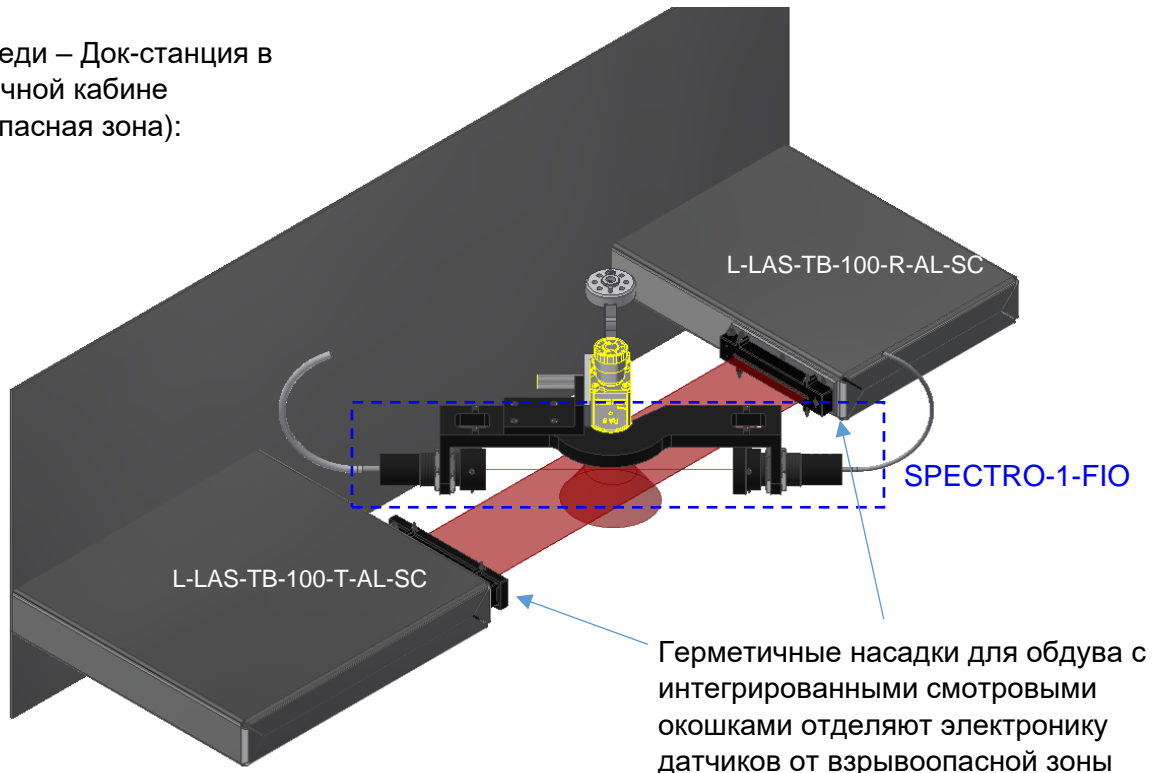
В этой версии 3 пучка света расположены также (по центру) на расстоянии 5 мм друг от друга, пучок красного света имеет диаметр 3 мм. С помощью контроллера SI-JET2-CON2 в соединении напр. с ПЛК можно реализовать отображение тренда для параметров распыляемой струи.



Пример для комбинированной системы: SPECTRO-1-FIO (закреплен на сопле) и L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC (контрольная станция):

Интеграция лазерной линейной системы (L-LAS) во взрывоопасную зону является непростой задачей, так как оптические волокна применять нельзя. Несмотря на это, мы разрабатываем для наших клиентов конструкции, которые обеспечивают работу во взрывоопасной зоне.

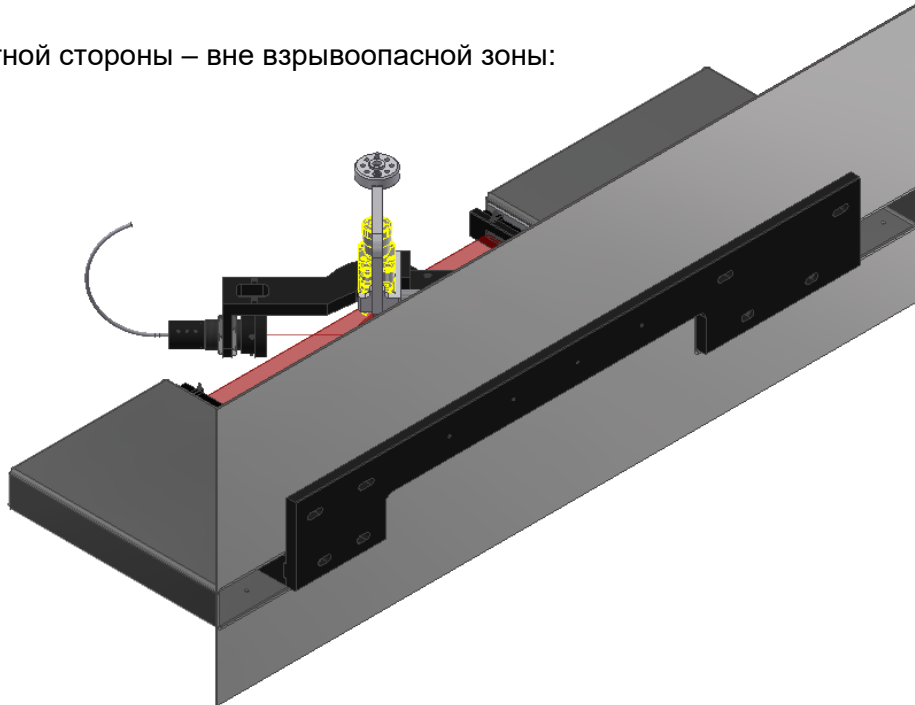
Вид спереди – Док-станция в лакировочной кабине (взрывоопасная зона):





Комбинированная система состоит из однолучевой системы со световодом (SPECTRO-1-FIO) для непрерывного контроля во время процесса распыления и L-LAS-TB-100-T/R-AL-SC в специальном корпусе. Лазерная завеса пересекает взрывоопасную зону сквозь два окна с устройствами обдува, которые отделяют электронику датчика от взрывоопасной зоны.

Вид с обратной стороны – вне взрывоопасной зоны:



Так как электроника датчиков находится вне взрывоопасной зоны (является составной частью стенки лакировочной кабины, которая находится снаружи под воздействием наружного воздуха), для оценки риска остается только оптическая энергия, излучаемая для измерения в легко воспламеняющуюся атмосферу (EN IEC 60079-28). Работа SI-датчиков, таким образом, может осуществляться без проблем, так как плотность мощности излучения (энергия воспламенения) значительно ниже предельного значения в  $5\text{МВт}/\text{мм}^2$ .

#### **Контакт:**

Sensor Instruments  
Entwicklungs- und Vertriebs GmbH  
Schlinding 11  
D-94169 Thurmansbang  
Телефон +49 8544 9719-0  
Факс +49 8544 9719-13  
[info@sensorinstruments.de](mailto:info@sensorinstruments.de)