

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЧИСТОТЫ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ LIGHTHOUSE

Калечиц В. И., руководитель группы компаний «Клинрум Инструментс», Москва

Статья подготовлена на основе доклада, сделанного на конференции «GEP-RUSSIA-2013:

Надлежащая инженерная практика» (Москва, 14–15 февраля 2013 г.)

Читателям журнала «Чистые помещения и технологические среды» наша компания известна как авторизованный представитель американской фирмы Lighthouse Worldwide Solutions. В этом году исполняется 10 лет с момента появления на российском рынке счетчиков и датчиков частиц этой компании, и все эти годы интересы фирмы представляют именно специалисты НПЦ «Клинрум Инструментс».

Напомним несколько фактов из истории нашего сотрудничества. До начала 2000-х годов компания Lighthouse свыше 15-ти лет занималась разработкой программного обеспечения для систем мониторинга параметров чистых помещений и поставляла эти системы «под ключ», используя приборы и датчики сторонних производителей. Компания добилась в этой области больших успехов, став крупнейшим в мире поставщиком систем мониторинга чистых помещений. Однако с какого-то момента объем производства стал настолько большим, что покупаемых приборов не стало хватать; кроме того, очень большие средства ежегодно выплачивались производителем оборудования за калибровку их продукции (поскольку Lighthouse, как правило, берет на себя и обязательство по сервисному обслуживанию поставляемых систем мониторинга). В итоге руководство компании приняло очень смелое решение – организовать разработку и производство собственных приборов и датчиков для измерения размеров и счетной концентрации частиц аэрозолей.

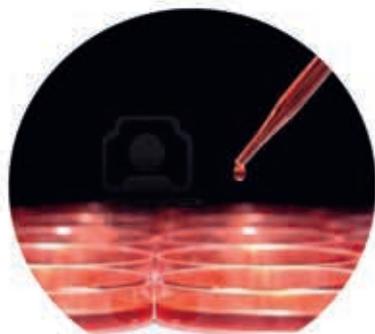
Несмотря на то, что для крупной зарубежной компании решение о новом направлении развития – это настоящая революция (ведь приходится вторгаться на новый рынок, который уже давно поделен), компании Lighthouse удалось в рекордно короткие сроки разработать и выпустить на рынок полную линейку ручных и портативных счетчиков аэрозолей, а также набор датчиков аэрозолей для любой конфигурации системы мониторинга чистоты воздуха. Первые приборы поступили в продажу в 2002 году, а сейчас можно уверенно констатировать, что Lighthouse является лидером рынка аэрозольной аппаратуры – прежде всего, за счет высокого качества, надежности и использования новейших технологий. В активе

компании не только самый большой на рынке выбор приборов, но и несколько уникальных счетчиков и датчиков частиц, подобных которым не выпускает ни один из конкурентов.

А сотрудничество Lighthouse Worldwide Solutions и «Клинрум Инструментс» началось достаточно необычно – американцы сами нашли наших специалистов и пригласили на переговоры. Дело в том, что первым и абсолютно обязательным шагом для выхода на российский рынок и рынок стран СНГ фирма посчитала организацию сервис-центра своих приборов в России. Вопрос о квалификации наших специалистов не стоял – они имели многолетний опыт разработок и исследований в области аэрозольных приборов, но было проверено наше приборное и аппаратурное оснащение – и с честью выдержало экзамен. Сейчас «Клинрум Инструментс» является не только авторизованным дилером, но и авторизованным сервис-центром приборов Lighthouse, а наши специалисты имеют сертификаты на право калибровки, гарантийного и сервисного обслуживания, ремонта и валидации приборов.

При участии специалистов «Клинрум Инструментс» спроектированы, смонтированы и запущены в эксплуатацию более 30-ти систем мониторинга чистых помещений в фармацевтической и аэрокосмической промышленности, микроэлектронике и некоторых других областях. В активе компании и самая большая в России система мониторинга частиц с 228-ю точками пробоотбора, и беспроводные системы мониторинга с технологией Wi-Fi. Именно исходя из накопленного опыта, мы хотели бы представить читателям некоторые рекомендации по проектированию систем мониторинга и выбору их элементов. К сожалению, довольно часто заказчики не представляют себе тот богатый спектр возможностей, предоставляемых выпускаемыми приборами и дополнительным оборудованием. Нередки и ошибки, вызванные просто неправильным составлением технического задания на систему мониторинга.

Выбор параметров системы мониторинга на стадии составления технического задания и проектирования поясняется рисунком 1. Первый шаг – это



Cleanroom Instruments

| авторизованный сервис-центр | калибровка и ремонт |
| проектирование и валидация систем мониторинга |
| обучение персонала |

- Счетчики аэрозолей
- Системы мониторинга чистых помещений по GMP
- Генераторы аэрозолей
- Визуализация воздушных потоков
- Контроль перепадов давления
- Счетчики частиц в жидкостях
- Контроль общего органического углерода
- Контроль молекулярных загрязнений
- ISO 14644-3

 **LIGHTHOUSE**
WORLDWIDE SOLUTIONS



ООО НПЦ «Клинрум Инструментс»
(499) 196-77-27, 196-75-94
факс: (499) 196-77-27
e-mail: clri@clri.ru

<http://clri.ru>
e-mail: clri@clri.ru

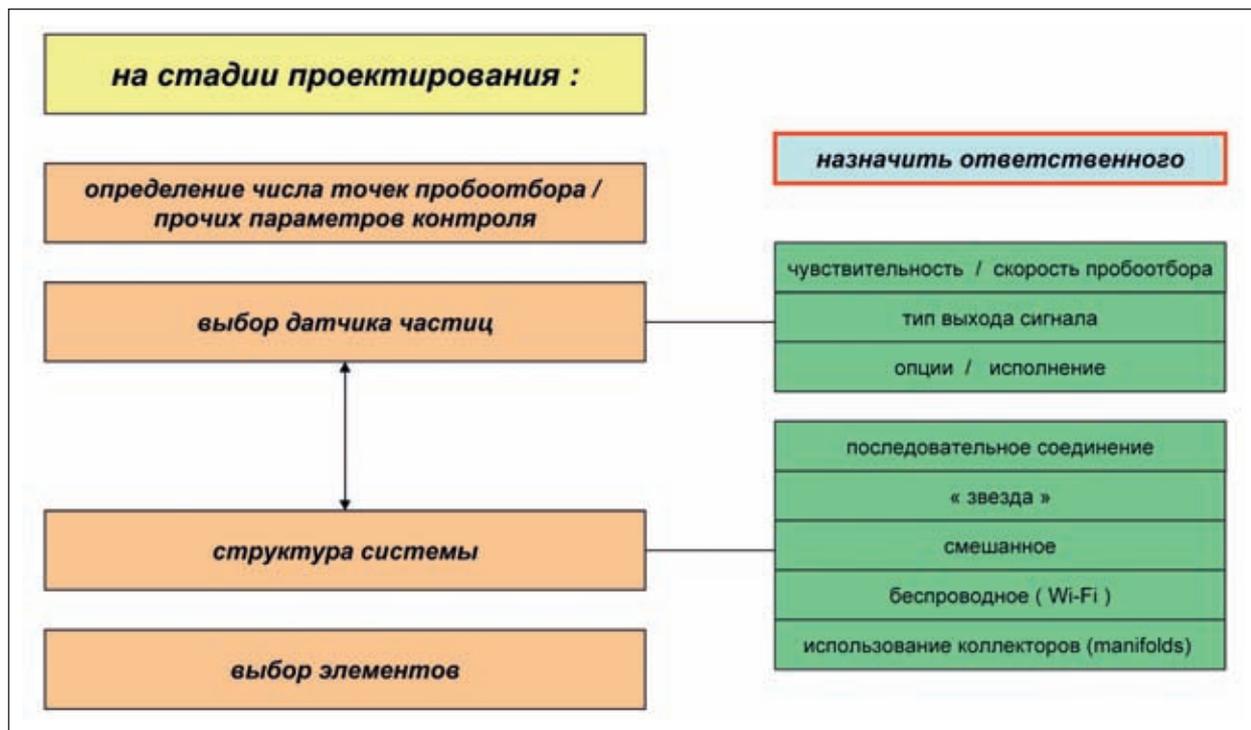


Рис. 1. Выбор параметров системы мониторинга на стадии технического задания

определение числа точек пробоотбора частиц и (при необходимости) других параметров контроля. К сожалению, до сих пор часто приходится сталкиваться с тем, что заказчик путает измерения с целью аттестации чистого помещения и измерения при мониторинге. Между тем и в правилах GMP, и в специальных разъяснениях PIC («Чистые помещения и технологические среды» № 1, 2010) указывается, что «необходимо четко различать измерения с целью классификации и с целью мониторинга параметров в ходе производственного процесса». Если в первом случае количество точек пробоотбора зависит от площади помещения, то для системы мониторинга «выбор числа точек пробоотбора основывается на оценке риска с учетом области применения чистого помещения» (ГОСТ ИСО 14644-2: п. 4.3.2). Другими словами, в выборе количества и мест расположения точек пробоотбора системы мониторинга обязательно должны участвовать технологи и другие специалисты, которым предстоит работать в этом чистом помещении. Дополнительно можем посоветовать уже на этом этапе назначить ответственного за будущую работу системы мониторинга – специалиста, которому предстоит заниматься ее эксплуатацией. Чем раньше он подключится к работе по созданию системы, тем проще ему будет работать в будущем (и тем сложнее будет списывать возможные просчеты на прочих исполнителей).

На этом же этапе определяется перечень дополнительно контролируемых параметров чистого помещения – перепада давления, температуры, относительной влажности, скорости воздушного потока.

Следующий этап – выбор датчиков частиц аэрозолей. Они являются основой системы мониторинга.

Миниатюрные (следовательно, не мешающие персоналу), легко монтируемые в любом месте чистой комнаты датчики обеспечивают надёжный периодический (вплоть до непрерывного) контроль одновременно во всех критических точках практически любого чистого помещения.

Компания Lighthouse предлагает самую большую на рынке линейку датчиков частиц – 30 основных моделей датчиков, при этом каждая модель имеет несколько модификаций и большое число опций. Выбор датчиков следует начинать с определения требуемых основных параметров – чувствительности (нижней границы размеров измеряемых частиц) и скорости пробоотбора.

Чувствительность датчиков может составлять 0,1 мкм, 0,2 мкм, 0,3 мкм или 0,5 мкм. Имеются также специальные датчики крупных частиц. Их чувствительность 1 или 5 мкм. Впрочем, по специальному заказу возможна поставка датчиков с любым значением чувствительности от 0,1 мкм.

Скорость пробоотбора датчиков – 2,8 л/мин (0,1 куб. фута в минуту – 0,1 CFM) или 28 л/мин (1 куб. фут в минуту – 1 CFM).

При выборе датчиков частиц компании Lighthouse чувствительность и скорость пробоотбора датчика определяется по его цифровому номеру – Remote XXXX. Первая цифра соответствует чувствительности в десятых микрона, вторая и третья цифры – скорости пробоотбора в единицах CFM (кубический фут в минуту). Пример: Remote 5014 имеет чувствительность 0,5 мкм и скорость пробоотбора 0,1 CFM, т.е. 2,8 л/мин.

На втором этапе выбора определяется тип выходного сигнала с датчика. Датчики с импульсным

выходным сигналом имеют в обозначении последнюю (четвертую) цифру 0, датчики с выходом 4–20 мА имеют в обозначении четвертую цифру 2 и датчики с выходом RS-485 – цифру 4. Наиболее распространенными (и более современными) являются датчики с выходом RS-485.

Наконец, последний этап выбора датчика заключается в подборе специального исполнения (если это требуется), выборе модификации и опций (если требуется).

Основные технические характеристики датчиков Remote приведены в таблице. Подчеркнем, что в таблице представлены только наиболее распространенные модели. Кроме того, многие характеристики в каждом типе датчиков, например, разбиение на размерные диапазоны, могут настраиваться в соответствии с пожеланиями заказчика.

Датчики Remote 2014, 3014 и 5014

Датчики частиц **Remote 2014, 3014 и 5014** рассчитаны на безостановочную работу 24 часа в сутки 7 дней в неделю. Используют внешний источник вакуума, который должен обеспечивать разрежение более 457 мм рт.ст., обладают универсальностью установки и могут использоваться там, где требуется экономия свободного места. В базовой комплектации датчики имеют два размерных диапазона, но могут поставляться и в исполнении с 4-мя размерными диапазонами.

У всех датчиков типа Remote (не только описываемого типа) имеется внутренняя буферная память, где сохраняются результаты последних измерений. Еще недавно емкость буферной памяти составляла 250 измерений, но с 2013 года все датчики Remote имеют память на 2000 результатов (а у датчиков Remote xxxxP – 3000). Среди особенностей этих датчиков отметим очень высокую (максимальную среди всех представленных на рынке) допустимую концентрацию частиц на входе (очень важный эксплуатационный параметр). Также дополнительно датчики Remote 2014, 3014 и 5014 могут быть снабжены измерительным зондом температуры и относительной влажности (рис. 2). Информация об этих параметрах

будет передаваться в компьютер (и отображаться на дисплее системы контроля) вместе с данными о счетной концентрации частиц во всех размерных диапазонах. К датчикам возможно подключение внешнего сигнализатора (светового или звукового) при превышении концентрации выше заданного уровня (alarm).

Датчики частиц **Remote 2014 и 3014** широко используются в микроэлектронике (полупроводниковой промышленности), аэрокосмической промышленности, а датчики **5014** – в фармацевтической отрасли.

По-прежнему популярны и датчики частиц аэрозолей **Remote 2012, 3012 и 5012** с токовым выходом 4–20 мА. Это объясняется довольно широким распространением систем контроля типа SCADA. Все их метрологические и эргономические характеристики полностью совпадают с аналогичными параметрами датчиков Remote xx04.

Датчики Remote 2014P, 3014P и 5014P

При отсутствии внешнего источника вакуума возможно применение датчиков со встроенным насосом **Remote x014P**. Датчик такого типа имеет небольшие размеры, снабжен индикаторами рабочих режимов. Корпус выполнен из нержавеющей стали, что позволяет проводить обработку чистящими и дезинфицирующими растворами. Передача данных в компьютер осуществляется по RS-485. Базовые модели способны проводить одновременные измерения частиц в 4-х каналах (размерных диапазонах), а опционально можно заказать разбиение на 6 размерных диапазонов.

Remote x014P имеет возможность подключения до 4-х датчиков (с выходом 4–20 мА) состояния среды – температуры, влажности, перепада давления, линейной скорости воздушного потока. К датчикам также возможно подключение внешнего светового или звукового сигнализатора – alarm. Кроме того, эти датчики через специальный адаптер можно подключить к магистралям высокого (до 10 атм) давления.

Датчики со встроенным насосом **Remote x014P** могут устанавливаться на любой плоской поверхности или крепиться к стене с помощью специального кронштейна из нержавеющей стали (рис. 3).



Рис. 2. Датчик Remote 3014 с установленным на его корпусе пробоотборником (заказывается отдельно) и датчиком температуры/относительной влажности



Рис. 3. Датчик Remote 5014P с изокINETическим пробоотборником и с зондом TRH, закрепленным на его корпусе, и дисплеем для настройки датчика и отображения результатов измерений

Таблица

	нижний предел измерений, мкм	размерные диапазоны, мкм	скорость пробо-отбора, л/мин	максимальная входная концентрация, част/фут	источник вакуума	выход сигнала	питание, В	габариты, см	вес, кг
Remote 2012	0,2	0,2/0,3 мкм или 0,2/0,5 мкм или 0,2/0,3/0,5/1 мкм (опция) или 0,2/0,3/0,5/2 мкм (опция)	2,8	2×106	внешний	токовый 4-20 mA	24 В	4,3×10,7×6,3	0,35
Remote 3012	0,3	0,3/0,5 мкм или 0,3/1 мкм или 0,3/3 мкм или 0,3/0,5/1/5 мкм (опция)	2,8	2×106	внешний	RS-485	24 В	4,3×10,7×7,6	0,44
Remote 5012	0,5	0,5/5 мкм или 0,5/1/5/10 мкм (опция) или 0,5/5/10/25 мкм (опция)							
Remote 2014	0,2	0,2/0,3 мкм или 0,2/0,5 мкм или 0,2/0,3/0,5/1 мкм (опция) или 0,2/0,3/0,5/2 мкм (опция)							
Remote 3014	0,3	0,3/0,5 мкм или 0,3/1 мкм или 0,3/3 мкм или 0,3/0,5/1/5 мкм (опция) или 0,3/0,5/5/10 мкм (опция)	2,8	2×106	внешний	RS-485	24 В	4,3×10,7×7,6	0,44
Remote 5014	0,5	0,5/5 мкм или 0,5/1/5/10 мкм (опция) или 0,5/5/10/25 мкм (опция)	2,8	2×106	встроенный насос	RS-485	24 В через адаптер от 220 В	22,9×8,9×15,24	1,45
Remote 2014P	0,2	0,2/0,3/0,5/1 мкм или 0,2/0,3/0,5/2 мкм (опция) или 0,2/0,3/0,5/0,7/1/2 мкм (опция)							
Remote 3014P	0,3	0,3/0,5/1/5 мкм или 0,3/0,5/5/10 мкм или 0,3/0,5/0,7/1/2/5 мкм (опция) или 0,3/0,5/1/3/5/10 мкм (опция)							
Remote 5014P	0,5	0,5/1/5/10 мкм или 0,5/0,7/1/3/5/10 мкм (опция)	28,3	500 000	внешний	RS-485	24 В	4,3×10,7×7,6	0,44
Remote 3104	0,3	0,3/0,5 мкм или 0,3/0,5/1/5 мкм (опция) или 0,3/0,5/0,7/1 мкм (опция) или 0,3/0,5/5/10 мкм (опция)							
Remote 5104	0,5	0,5/5 мкм или 0,5/10 мкм или 0,5/1/5/10 мкм (опция) или 0,5/5/10/25 мкм (опция)							
Remote 50104	5,0	20/30 мкм или 5/10/20/30 мкм (опция) или 5/10/50/100 мкм (опция) или 5/25/50/100 мкм (опция)	28,3	500 000	встроенный насос	RS-485	24 В через адаптер от 220 В	24,2×16,5×21,6	5,59
Remote 3104P	0,3	0,3/0,5 мкм или 0,3/0,5/1/5 мкм или 0,3/0,5/1/3/5/10 мкм (опция) или 0,3/0,5/1/5/10/25 мкм (опция)							
Remote 5104P	0,5	0,5/5 мкм или 0,5/1/5/10 мкм или 0,5/0,7/1/3/5/10 мкм (опция) или 0,5/1/3/5/10/25 мкм (опция)							
Remote 1100 LD	0,10	0,10/0,3/0,5/5 мкм или 0,10/0,2/0,3/0,5 мкм	28,3	500 000	внешний	импульсный RS-485	24 В	26,7×19,43×8,5	3,18
Remote 1104 LD	0,10	0,1/0,15/0,2/0,25/0,3/0,5/1/5 мкм							

Для всех датчиков:

источник излучения – полупроводниковый лазер со сроком службы 20+ лет; корпус: нержавеющая сталь; внутренняя память на 2000 результатов измерений (у Remote xxxxP – 3000); индикация работы, счета частиц, нарушения скорости отбора пробы, необходимости сервисного обслуживания; контроль величины воздушного потока со встроенной диафрагмой.

Датчики **Remote x014P** хорошо зарекомендовали себя в тех случаях, когда необходимо поставить в несколько помещений большой площади по одному датчику, т.е. нерационально использовать несколько «внешних» насосов. Например, системы мониторинга с датчиками типа **Remote x014P** успешно используются на Байконуре.

Другое перспективное направление использования датчиков со встроенными насосами – создание мобильных систем мониторинга. Действительно, несколько датчиков типа **Remote xxxxP**, подключенные к ноутбуку, могут эффективно использоваться как портативная переносная система мониторинга и аттестации. Достаточно достать датчики из кейса, расставить их по точкам пробоотбора, подключить к электрической сети и к переносному компьютеру – и вы готовы проводить аттестацию чистого помещения, валидацию оборудования, проверку фильтров и любые другие действия, требующие измерения концентрации частиц аэрозолей.

Датчики Remote 3104 и 5104

В фармацевтической промышленности и медицине в соответствии с требованиями GMP о необходимости непрерывного мониторинга наиболее часто используются датчики **Remote 5104**. Они рассчитаны на безостановочную работу 24 часа в сутки 7 дней в неделю. Обладая чувствительностью 0,5 мкм при скорости отбора пробы 28,3 л/мин, датчик **Remote 5104** осуществляет измерение в двух каналах (0,5 мкм и 5 мкм) в режиме реального времени (опция – измерение и в 4-х каналах). Использует внешний источник вакуума, обладает универсальностью установки и может использоваться там, где требуется экономия свободного места. Дополнительно датчик **Remote 5104** может быть снабжен измерительным зондом температуры и относительной влажности. Информация об этих параметрах будет передаваться в компьютер (и отображаться на дисплее системы контроля) вместе с данными о счетной концентрации частиц во всех размерных диапазонах.

Датчик **Remote 5104** – самый продаваемый датчик фирмы **Lighthouse**.

Датчик **Remote 3104** отличается от модели **5104** размерными диапазонами и габаритными размерами, остальные технические характеристики совпадают (рис. 4).

Недавно компания **Lighthouse** представила не имеющие на рынке аналогов датчики крупных частиц **Remote 50104**. Они выпускаются в нескольких модификациях – с двумя размерными диапазонами (20 и 30 мкм) и четырьмя диапазонами – от 5 до 30 или 100 мкм. Такие датчики первоначально были рассчитаны на использование в системах мониторинга чистоты воздуха в аэрокосмической и в автомобильной промышленности (преимущественно в окрасочных камерах), но быстро получают распространение и в других отраслях. В частности, за рубежом они стали очень востребованы на атомных электростанциях.



Рис. 4. Датчик частиц **Remote 3014** с датчиком температуры/относительной влажности и установленным на входе абсолютным фильтром

Датчики Remote 3104P и 5104P

Также существует ряд датчиков со встроенными насосами, обеспечивающими скорость пробоотбора 28,3 л/мин (**Remote 5104P**, **Remote 3104P**) (рис. 5). Все датчики имеют сравнительно небольшие размеры, снабжены индикаторами рабочего режима. Их корпуса выполнены из нержавеющей стали, что позволяет проводить обработку дезинфицирующими растворами. Передача данных в компьютер – по RS-485. Эти датчики имеют возможность подключения до 4 датчиков состояния среды – температуры, влажности, перепада давления, линейной скорости воздушного потока.

С одной стороны, они дороже «обычных» датчиков, с другой – позволяют обойтись без внешнего вакуумного насоса, что существенно упрощает монтаж и уменьшает его стоимость.

Выпускаются также датчики типа **Remote** в специальном исполнении.

Датчики типа **Remote xxxxV** (рис. 6) имеют герметизированный корпус и оптический блок, выполнены из материалов, стойких к перекиси водорода, часто



Рис. 5. Датчики частиц **Remote 3104P** и **5104P** со встроенными насосами



Рис. 6. Датчик Remote 5104V в исполнении, защищающем от воздействия летучих органических соединений

применяемой в фармацевтической промышленности для дезинфекции, и другим летучим органическим соединениям. Выпускаются модели Remote 2014V, 3014V с расходом 2,8 л/мин и чувствительностью 0,2 мкм и 0,3 мкм соответственно, а также модели Remote 3104V, 5104V и 5102V с расходом 28,3 л/мин и чувствительностью 0,3 мкм или 0,5 мкм.

Датчики типа **Remote xxxхPN** (рис. 7) имеют встроенный насос и взрывобезопасный промышленный корпус NEMA из нержавеющей стали или стали, покрытой порошковой эмалью. Габариты датчика 5104PN 25×30×15 см, вес 9 кг. Выпускаются модели Remote 3012PN, 5012PN, 5014PN с расходом 2,8 л/мин и чувствительностью 0,3 мкм или 0,5 мкм, а также модели Remote 3102PN, 3104PN, 5102PN и 5104PN с расходом 28,3 л/мин и чувствительностью 0,3 мкм или 0,5 мкм. Последнее время датчики частиц в таком исполнении стали пользоваться большой популярностью, несмотря на их относительно более высокую стоимость.

К датчикам специального исполнения относится и недавняя новинка компании Lighthouse – датчик (фактически – микробиологический пробоотборник) **Remote ActiveCount** (рис. 8). В этот миниатюрный прибор устанавливается чашка Петри диаметром 90 мм и по команде с компьютера осуществляется пробоотбор со скоростью 28,3 или 50 или 100 л/мин. Аналогичные характеристики (кроме, разумеется, габаритов) имеет и датчик Remote ActiveCount – NEMA, отличающийся от описанного выше лишь тем, что он смонтирован во взрывобезопасном промышленном корпусе из нержавеющей стали.



Рис. 7. Датчик Remote 5104PN в защитном исполнении и со встроенным насосом

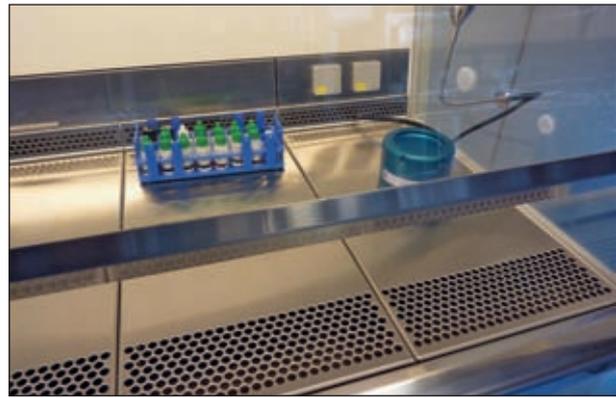


Рис. 8. Установленный в ламинарном шкафу микробиологический пробоотборник Remote ActiveCount, подключенный к системе мониторинга. Справа на боковой стенке – изокINETический пробоотборник, направляющий отбираемую пробу воздуха к датчику частиц, установленному снаружи ламинарного бокса

В заключение раздела напомним, что в состав системы мониторинга обычно включается количество датчиков Remote, **равное числу точек контроля плюс 1 датчик Remote в качестве резервного** (используется также для замены основных датчиков при проведении калибровки). Следует помнить, что каждая система мониторинга индивидуальна, и подбор датчиков для нее – наиболее ответственный момент проектирования системы. Кроме собственно датчиков, в состав системы обычно входят блок питания датчиков 24 В, насос для прокачки воздуха через датчики (устанавливается вне чистого помещения), компьютер (может устанавливаться как вне, так и внутри чистого помещения), адаптер или концентратор для подключения системы к компьютеру, программное обеспечение.

Возможные схемы подключения датчиков

Простейший способ подключения датчиков – последовательное их соединение. Ближайший к компьютеру датчик подключается к его входу через **адаптер RS-232/RS-485** (рис. 9).

В другом варианте системы – с внешним насосом – датчики **Remote** также соединяются последовательно и, кроме того, подключаются к вакуумному насосу (рис. 10).

При этом количество как блоков питания, так и вакуумных насосов зависит от мест расположения датчиков. Если все датчики устанавливаются в пределах одного (или нескольких, но расположенных близко друг от друга) помещения, то часто (но не всегда!) бывает достаточно одного насоса и блока питания. Если же датчики расположены, например, в разных цехах или, тем более, в разных зданиях, то следует устанавливать по одному насосу и блоку питания на каждую отдельную группу датчиков.

В случае расположения датчиков в разных отдаленных друг от друга помещениях цехах или в разных зданиях, целесообразно использовать другую схему подключения с использованием **концентратора Lighthouse Gateway (RS-485 Hub)** (рис. 11).

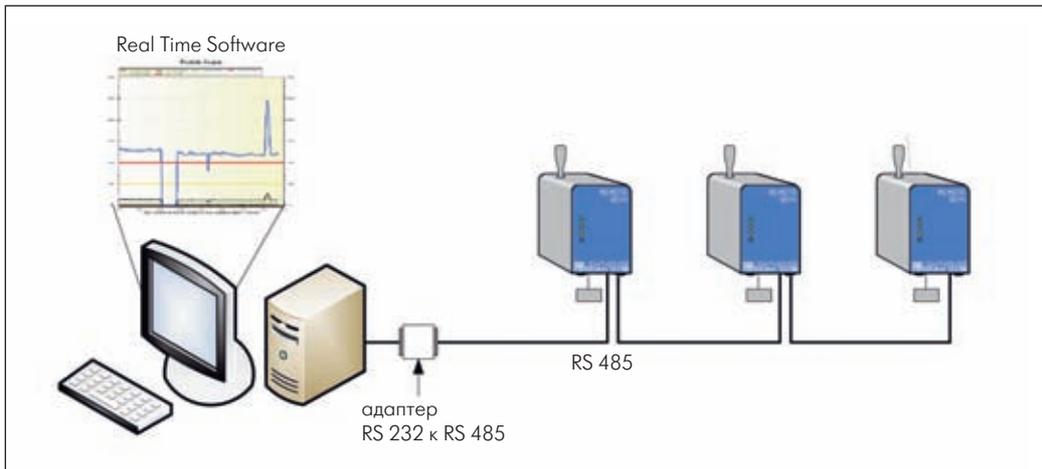


Рис. 9. Последовательное включение датчиков системы мониторинга (на примере Remote xxxxP)

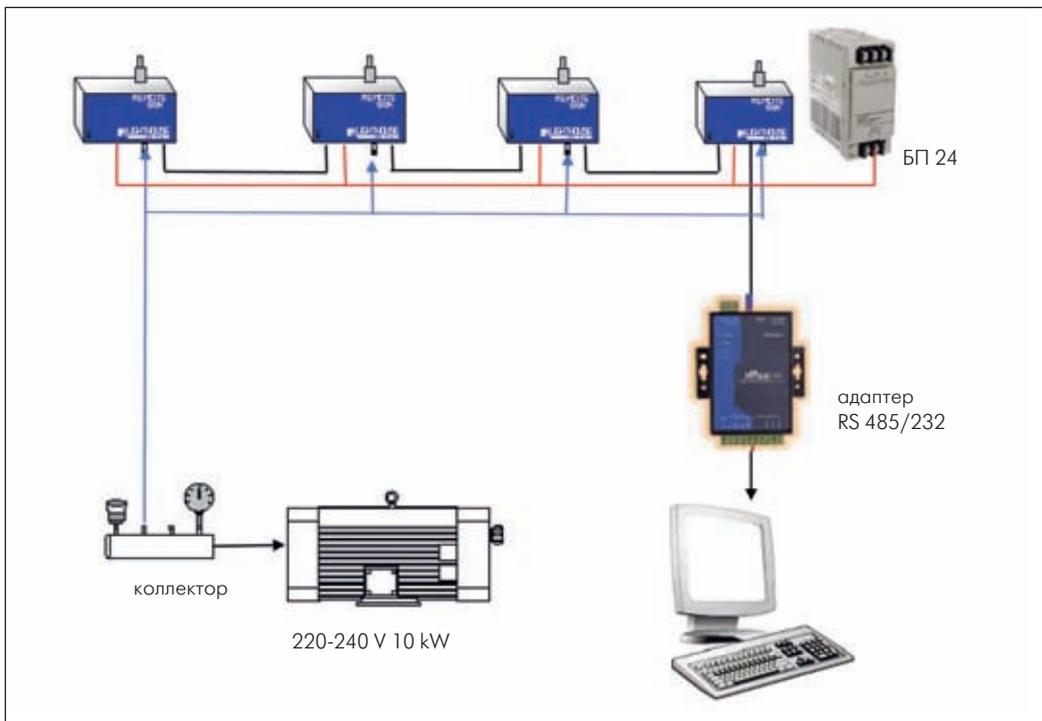


Рис. 10. Последовательное включение датчиков и их подключение к внешнему насосу и блоку питания

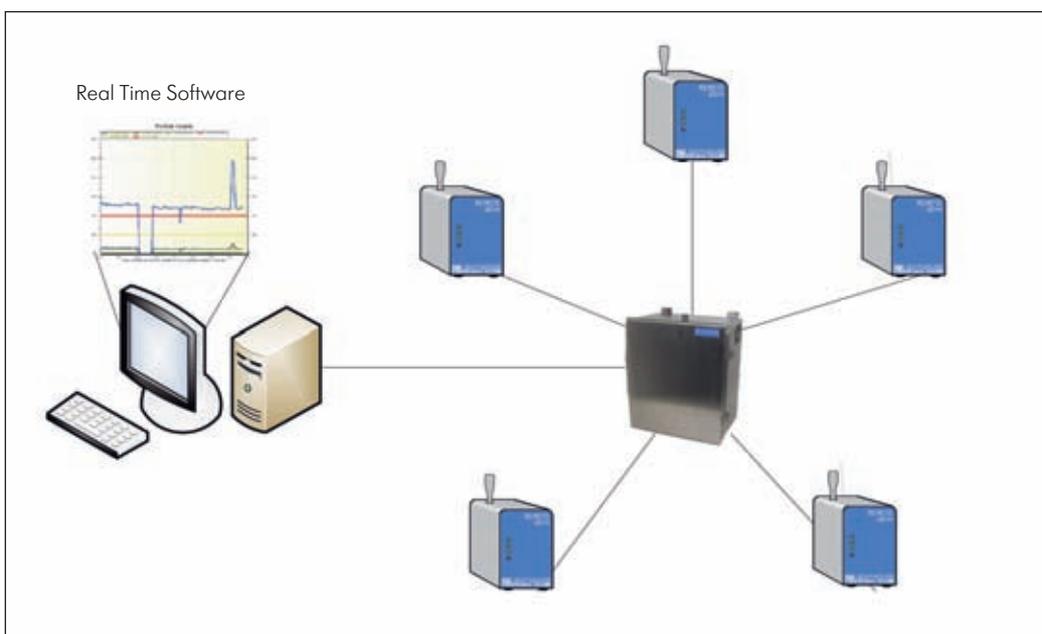
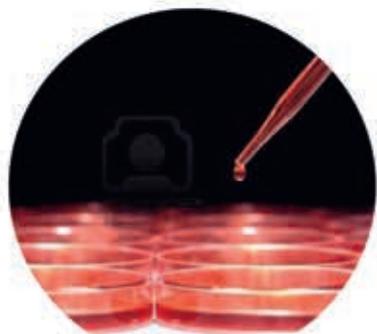


Рис. 11. Подключение датчиков системы мониторинга «звездой»



Cleanroom Instruments

| авторизованный сервис-центр | калибровка и ремонт |
| проектирование и валидация систем мониторинга |
| обучение персонала |

- Счетчики аэрозолей
- Системы мониторинга чистых помещений по GMP
- Генераторы аэрозолей
- Визуализация воздушных потоков
- Контроль перепадов давления
- Счетчики частиц в жидкостях
- Контроль общего органического углерода
- Контроль молекулярных загрязнений
- ISO 14644-3

 **LIGHTHOUSE**
WORLDWIDE SOLUTIONS



ООО НПЦ «Клинрум Инструментс»
(499) 196-77-27, 196-75-94
факс: (499) 196-77-27
e-mail: clri@clri.ru

<http://clri.ru>
e-mail: clri@clri.ru



Рис. 12. Концентратор RS-485 Gateway

При такой схеме подключения вместо адаптера RS-232/RS-485 используется RS-485 Hub. Компания Lighthouse предлагает концентраторы RS-485 с 8 портами (рис. 12). В этом случае не нужен блок питания, так как питание датчиков обеспечивается концентратором. Разумеется, возможно подключение к одному компьютеру нескольких концентраторов; возможно комбинированное использование первой (последовательной) и второй («звездочка») схем подключения. Обе схемы подключения позволяют использовать и сеть Ethernet.

Также возможно построение системы на основе беспроводной связи (рис. 13). Компания Lighthouse предлагает в качестве дополнительного оборудования беспроводные адаптеры к любой из моделей выпускаемых датчиков. Этот тип системы мониторинга завоевывает все большую популярность, в особенности за рубежом, но и в России специалисты «Клинрум Инструментс» уже запустили первую беспроводную систему мониторинга комплекса чистых помещений. Действительно, прокладка коммуникаций от каждого датчика к компьютеру, подключение датчиков к вакуумному насосу требуют значительных трудозатрат и вносят существенный вклад в стоимость монтажа. С использованием датчиков со встроенными насосами и снабженными адаптерами беспроводной связи становится возможным вообще не прокладывать в чистом помещении никаких дополнительных коммуникаций, достаточно просто подключить датчик к сети электропитания.

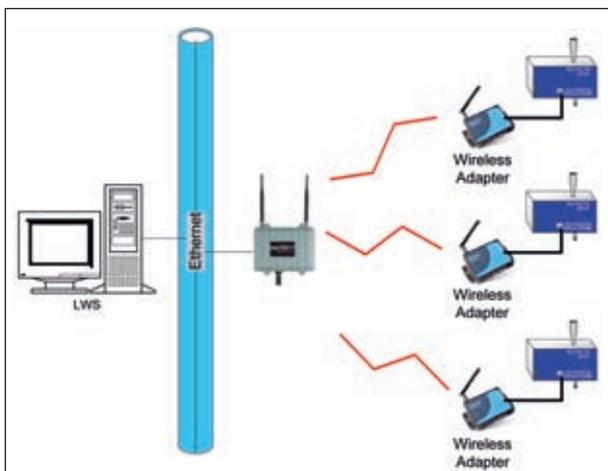


Рис. 13. Система мониторинга на основе беспроводной связи

Для монтажа и оснащения датчиков могут потребоваться дополнительные элементы. Так, для крепления датчиков рекомендуются **монтажные рамки** (рис. 14) из нержавеющей стали, позволяющие легко снимать и возвращать на место датчик при необходимости (например, для калибровки или сервисного обслуживания). Монтажная рамка может поставляться вместе с элементом (пластиной, рис. 15) для крепления на стену.



Рис. 14



Рис. 15



Рис. 16. Для крепления на стену датчиков типа Remote xxxxP предлагаются монтажные кронштейны из нержавеющей стали

Компания Lighthouse предлагает также **монтажные шкафчики** (рис. 18) для установки датчиков внутри стены. Отличительная особенность монтажных шкафчиков – встроенный изокинетический пробоотборник (см. ниже). Однако надо иметь в виду, при таком способе установки датчика все коммуникации (кабели, вакуумные шланги) должны подводиться внутри стены, на которой установлен монтажный шкафчик.



Рис. 17. Датчики типа Remote xxxxPN крепятся непосредственно на стену



Рис. 18. Монтажный шкаф для датчика Remote

Изокинетические пробоотборники

Изокинетический пробоотборник обеспечивает равную скорость потока воздуха внутри пробоотборной трубки и снаружи (в случае однонаправленного потока воздуха). Он необходим в двух случаях: а) если пробоотбор ведется в чистом помещении с ламинарным воздушным потоком, б) если точка пробоотбора находится не в месте расположения счетчика (датчика частиц). В последнем случае изокинетический пробоотборник соединяется с датчиком гибкой (пластиковой) или жесткой (обычно из нержавеющей стали) пробоотборной трубкой.

Изокинетический пробоотборник с резьбой подключается (навинчивается) непосредственно на входной штуцер датчика (см. на рис. 2, 3, 5). Позволяет осуществлять изокинетический пробоотбор. Может быть рассчитан на скорость прокачки воздуха 2,8 л/мин (рис. 19, а) или 28 л/мин. Изготавливаются из никелированного алюминия или нержавеющей стали.

Изокинетический пробоотборник с оливкой подключается к прибору через шланг. Позволяет осуществлять изокинетический пробоотбор на расстоянии до 3 м от прибора. На рис. 19 – изокинетический пробоотборник с оливкой для скорости прокачки воздуха 28 л/мин (б) и изокинетический пробоотборник для скорости прокачки воздуха 28 л/мин с дополнительным уплотнительным кольцом (с).



Рис. 19. Изокинетические пробоотборники различных типов (а, б, с)



Возможно изготовление **специальных изокинетических пробоотборников**, жестко закрепленных на пробоотборной трубке из нержавеющей стали (рис. 22). Такие пробоотборники рассчитаны на установку датчиков частиц аэрозолей **за стеной** (рис. 23) или **за потолком** чистого помещения (рис. 24).

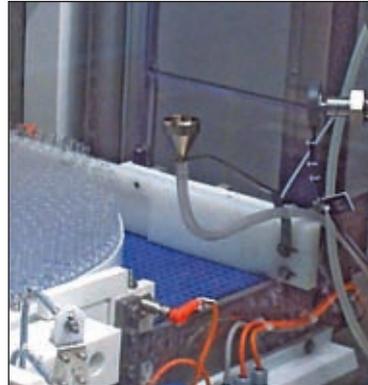


Рис. 20. Крепление изокинетического пробоотборника на кронштейне



Рис. 21. Крепление изокинетического пробоотборника на специальном держателе



Рис. 22



Рис. 23

При заказе таких пробоотборников следует указывать требуемые геометрические размеры, толщину стены (потолка), тип фланца (круглый, прямоугольный), необходимость дополнительных креплений (обычно требуются для длинных пробоотборных трубок, установленных на потолке (см. рис. 24).

Возможно также изготовление специальных изокинетических пробоотборников, в которых пробоотборник с оливкой соединен с гибкой пробоотборной трубкой, проходящей внутри трубки из нержавеющей стали (рис. 25). В таком случае требуется выбрать изокинетический пробоотборник с оливкой и дополнительным уплотнительным кольцом (рис. 19с). Геометрические размеры трубки из нержавеющей стали, фланца и крепежа указываются при заказе.



Рис. 24

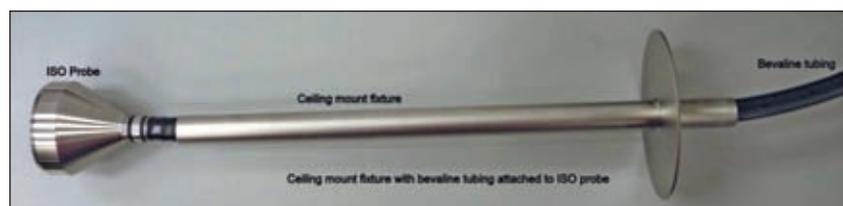


Рис. 25



Рис. 26. Крышки для изокинетических пробоотборников (а,б)

Крышки для изокинетического пробоотборника

Применяются для закрывания изокинетического пробоотборника при обработке помещения дезинфицирующими средствами. Они защищают внутренний объем датчика от возможного попадания коррозионноактивных веществ. Очень полезный элемент для фармацевтического производства. Для изокинетических пробоотборников, рассчитанных на скорость пробоотбора 2,8 л/мин, применяются простые пластиковые крышки (рис. 26 а) или крышки из нержавеющей стали. В последнем случае крышка может быть дополнительно снабжена креплением, предохраняющим элемент от потери (рис. 26 б).

Для изокинетических пробоотборников, рассчитанных на скорость пробоотбора 28 л/мин, используются крышки с вакуумным клапаном (рис. 27). Вакуумный клапан нужен для снятия крышки при условии, что вакуумный насос продолжает создавать во внутреннем объеме датчика разряжение.



Рис. 27. Крышки с вакуумным клапаном

Дополнительные принадлежности

Абсолютный фильтр. Применяется для очистки воздуха, поступающего в прибор. Используется для проверки прибора, а также для очистки чистым воздухом внутреннего объема прибора при его загрязнении. Такие фильтры могут быть рассчитаны на воздушный поток 2,8 л/мин (рис. 28 а) и 28 л/мин (рис. 28 б). Могут поставляться в комплекте с крышкой для изокинетического пробоотборника, снабженной штуцером. В таком случае абсолютный фильтр с крышкой помещается непосредственно на изокинетической пробоотборник. На всю систему мониторинга достаточно одного абсолютного фильтра.

Дополнительно в состав системы мониторинга могут быть включены **сигнализаторы** превышения порога – **световые** и (или) **звуковые**, подающие соответствующий сигнал при превышении порогов (рис. 29). Сигнализаторы могут крепиться как к стене, так и к потолку.



Рис. 28 (а, б)

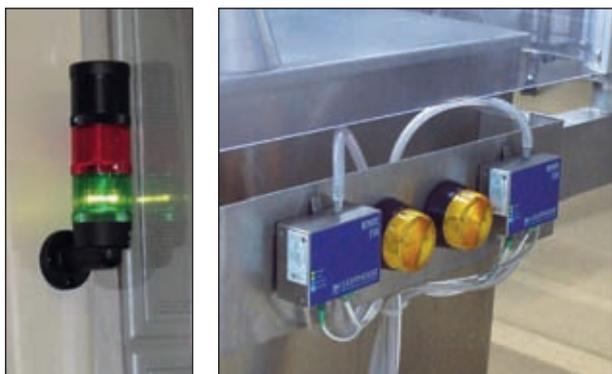


Рис. 29. Световые и звуковые сигнализаторы

При необходимости контроля чистоты воздуха или инертных газов под давлением может быть поставлен адаптер **для повышенного давления** (рис. 30).

Он предназначен для подключения датчика к магистралям повышенного давления и позволяет проводить измерения частиц для воздуха и газов, находящихся под давлением. Адаптер со сбросом воздуха в атмосферу имеет диаметр 3,3 см и массу 0,5 кг; адаптер со сбросом воздуха обратно в магистраль – диаметр 3,3×7,8 см; массу 0,74 кг. Рабочее давление обоих адаптеров 206,8–1034,0 кПа.

Далее, для системы мониторинга с датчиками типа Remote (кроме Remote XXXP) требуется **безмасляный вакуумный насос** – один или несколько (число насосов определяется расположением датчиков в помещении – чем длиннее вакуумные шланги, тем выше требуемая мощность насоса).

Выбор насоса зависит от конкретных условий. Если цеха разбросаны по этажам, потребуется по одному безмасляному вакуумному насосу на каждый цех, т.е на каждую отдельную группу датчиков. Если цеха расположены рядом, эти группы можно обслуживать и одним насосом. Основное правило – расход воздуха через насос должен быть вдвое больше суммарного расхода воздуха через все подключенные к нему датчики частиц.

Обычно используются безмасляные вакуумные насосы фирм GAST (США), Pico (Италия), Thomas (Германия) и др. В последнее время хорошо зарекомендовали себя безмасляные насосы/компрессоры фирмы Becker (Германия).



Рис. 30. Адаптер для повышенного давления

Для повышения надежности системы мониторинга рекомендуется подключать к системе **два идентичных насоса – рабочий и резервный**. Резервный включается при отказе основного рабочего насоса, а также во время ремонтных работ (рис. 31). Назначение насосов (рабочий – резервный) можно периодически менять.



Рис. 31

Вакуумный насос подключается к датчикам через **коллектор**, имеющий систему вентилялей (рис. 32). Каждый датчик должен подключаться к вакуумному насосу только через индивидуальный клапан, что позволяет производить ремонт, замену и сервисное обслуживание датчиков без отключения всей системы мониторинга.

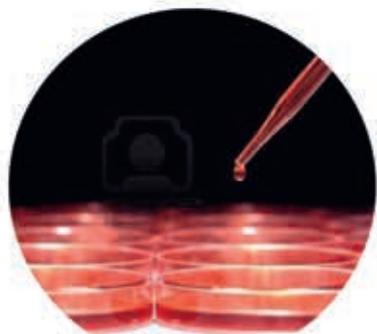


Рис. 32

При монтаже системы потребуются **материалы для монтажа** – разъемы RJ 45, системный кабель – витая пара, пробоотборные трубки, вакуумный шланг, кабель сетевой 2-х жильный для питания датчиков, кабель интерфейсный, хомуты, кабель питания насоса, кронштейны для крепления насоса и пр.

Датчики параметров среды

В состав системы мониторинга могут быть включены датчики параметров среды. Компания Lighthouse предлагает следующие виды датчиков:



Cleanroom Instruments

| авторизованный сервис-центр | калибровка и ремонт |
| проектирование и валидация систем мониторинга |
| обучение персонала |

- Счетчики аэрозолей
- Системы мониторинга чистых помещений по GMP
- Генераторы аэрозолей
- Визуализация воздушных потоков
- Контроль перепадов давления
- Счетчики частиц в жидкостях
- Контроль общего органического углерода
- Контроль молекулярных загрязнений
- ISO 14644-3

 **LIGHTHOUSE**
WORLDWIDE SOLUTIONS



ООО НПЦ «Клинрум Инструментс»
(499) 196-77-27, 196-75-94
факс: (499) 196-77-27
e-mail: clri@clri.ru

<http://clri.ru>
e-mail: clri@clri.ru



Рис. 33

Зонд для измерения температуры и относительной влажности. Он представляет из себя металлическую штангу, на вершине которой устанавливается датчик температуры/относительной влажности (рис. 33). Соединяется с прибором гибким проводом длиной 17 см и позволяет проводить измерения температуры и влажности на расстоянии от прибора. Показания датчика зонда отображаются на экране прибора и вместе с данными счёта частиц записываются в буфер.

Диапазон измерений: $0-50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/0-100\text{ }\%$ $\pm 2\text{ }\%$. Длина зонда (без учета длины соединительного провода) 46,7 см; масса 130,4 г / длина зонда с датчиком 54,4 см; масса 156,0 г. Возможна также поставка зонда длиной (без датчика) около 20 см (см. рис. 3).

Датчик перепада давления. Предназначен для измерения перепада давления между контролируемыми зонами. Диапазон измерений: $0-124\text{ Па}$. Габариты $13,4 \times 7,6 \times 6,9\text{ см}$; масса 0,79 кг (рис. 34).

Датчик скорости потока воздуха. Предназначен для проверки фильтров и измерительных насадок. По результатам измерений можно сделать вывод о необходимости замены фильтра или проверки вентилятора. Диапазон измерений: $0-1,016\text{ м/сек}$. Длина датчика 30,4 см; габариты корпуса $5,3 \times 2,8 \times 11,4\text{ см}$; масса 331 г (рис. 35).

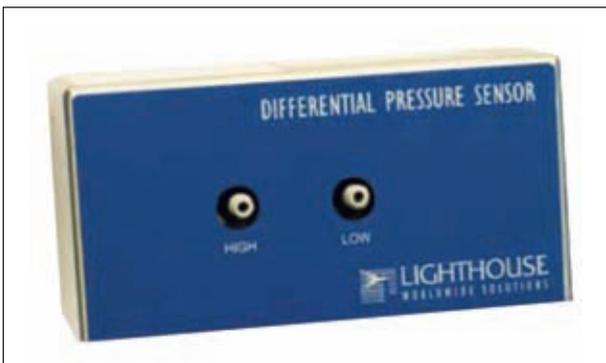


Рис. 34



Рис. 35

Использование в системе мониторинга датчиков параметров среди других производителей

В состав системы мониторинга Lighthouse могут быть включены и датчики других производителей, имеющие аналоговый выход $4-20\text{ мА}$. При подключении датчиков температуры, влажности, перепада давления, скорости воздуха (в том числе других производителей) с аналоговым выходом $4-20\text{ мА}$ полезно использовать **минимultipлексор** (рис. 36) производства фирмы Lighthouse. К минимultipлексору возможно также подключать устройства сигнализации – световые колонны, звуковые сигнализаторы.

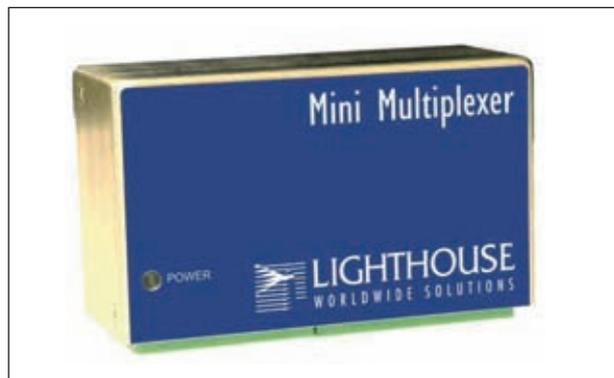


Рис. 36

Минимultipлексор в реальном масштабе времени отслеживает до четырёх $4-20\text{ мА}$ аналоговых входных сигналов и поддерживает 4 цифровых выхода на устройства сигнализации, используя протоколы данных MODBUS/RTU и MODBUS/ASCII. Корпус минимultipлексора, как и у датчиков, выполнен из нержавеющей стали (рис. 37). Крепление минимultipлексора унифицировано с креплением датчиков частиц, т.е. осуществляется при помощи монтажной рамки. Унифицированным является и электропитание минимultipлексора (24 В).

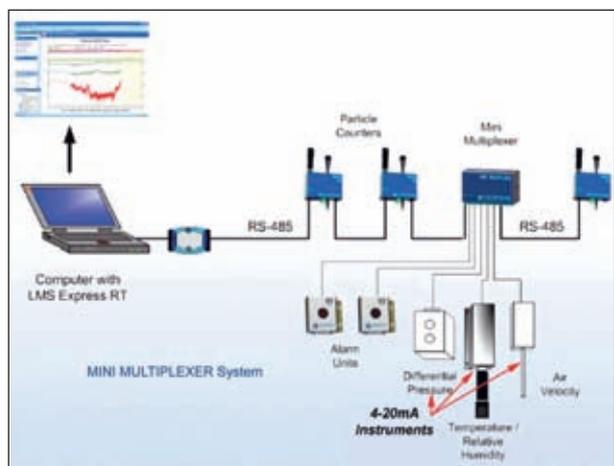


Рис. 37. Схема подключения токовых датчиков к системе мониторинга через минимultipлексор

Программное обеспечение

Для системы мониторинга, включающей до 32-х точек контроля, рекомендуется программа **LMS Express 7** фирмы Lighthouse, на английском языке, построенная по принципу открытой архитектуры.

Она осуществляет сбор информации в реальном масштабе времени с 32 датчиков. Мощный инструмент анализа данных включает встроенный аппарат статистической обработки, выбираемые пользователем отчёты, графики, таблицы данных и окна состояния, графическое и табличное отображение и архивирование данных, экспорт данных в Excel, bmp, html, csv файлы.

Программное обеспечение автоматически определяет подключенные в систему датчики. По требованию оператора программа выдает отчеты об измерениях в соответствии со стандартами (по выбору) ИСО 14644, FS 209E, GMP EC, британский стандарт BS 5295.

Программа LMS Express 7 соответствует CFR (Code of Federal Regulations) 21, часть 11 – «Руководство для производства, часть 11, Электронные записи, электронная идентификация, область действия и применение», что обеспечивает безопасность и защиту получаемых данных. В программе реализованы доступ по паролю; отключение пароля через заданный интервал времени либо автоматическое отключение пароля при отсутствии активности в течение заданного времени, имеются два уровня доступа: пользователь и администратор.

Предлагается также более простое программное обеспечение **LMS Express**, имеющее те же возмож-

ности, что и описанное выше ПО, но работающее не в реальном масштабе времени. Это ПО выводит на дисплей компьютера данные измерений по запросу оператора.

В качестве «большой» системы мониторинга для цеха с наибольшим количеством точек контроля компании рекомендуется программа **LMS Pharma** разработки фирмы Lighthouse. Эта новая разработка также имеет открытую архитектуру и позволяет включать в состав системы датчики температуры, влажности, перепада давления, скорости воздуха производства любых фирм, подключать к системе приборы (например, анализаторы общего органического углерода – ТОС), имеющие выход на компьютер, а также включать в состав системы любые сигнализирующие устройства, индикаторы, звуковые оповещатели и др. подобные устройства.

Разумеется, датчики Remote всех типов можно использовать и с ПО, разработанным заказчиком. Необходимые для подключения датчиков сведения (протоколы обмена и пр.) содержатся в документации на датчики.

Рабочее место оператора

Следует помнить, что для установки программного обеспечения потребуется **компьютер с дисплеем**. В случае нескольких цехов (нескольких групп датчиков) лучше предусмотреть отдельную систему мониторинга и отдельный компьютер с установленным на нем отдельным программным обеспечением в каждом цех (так как обычно производственные процессы

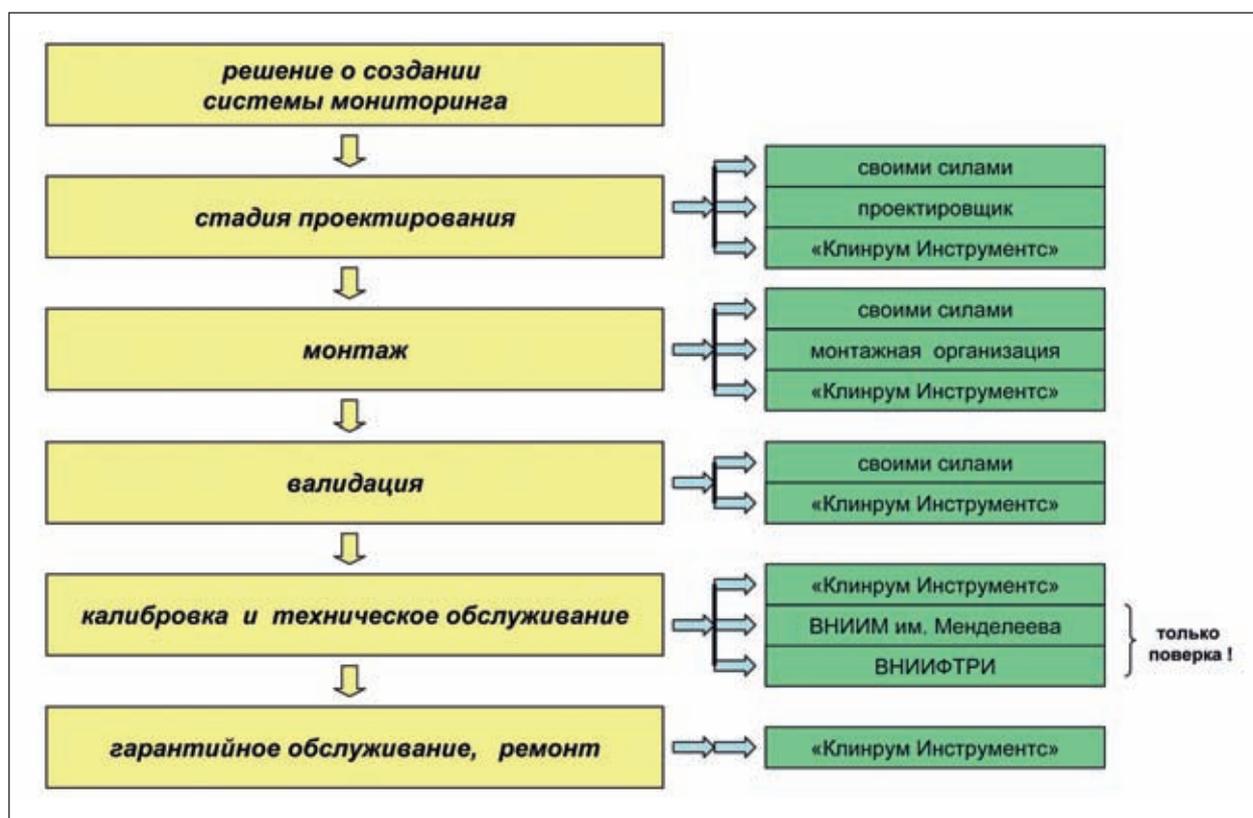


Рис. 38

различных цехов не связаны между собой). Вопрос использования в составе рабочего места оператора **принтера, блока бесперебойного питания** и пр. решается заказчиком.

Монтаж, пуск и валидация системы мониторинга

После этапов проектирования, заказа и поставки всех компонентов системы мониторинга наступает время монтажа и пусконаладки оборудования. В нашей практике мы сталкивались с самыми различными ситуациями (рис. 38). Иногда эту работу успешно осуществлял сам заказчик своими силами (а иногда и не справлялся), иногда привлекалась сторонняя организация (в этом случае важно, чтобы она действительно имела реальный опыт подобных работ), иногда компания «Клинрум Инструментс» осуществляла поставку не только компонентов системы, но и поставку всей системы мониторинга «под ключ», включая монтаж, пуск и валидацию.

Конечно, возможны и промежуточные варианты. Так, последнее время очень популярен так называемый шеф-монтаж, когда специалисты «Клинрум Инструментс» на месте намечают места крепления датчиков и пробоотборников, рекомендуют трассы прокладки кабелей и вакуумных шлангов, показывают приемы монтажа и разводки кабелей. Но весь объем собственно монтажных работ, включая прокладку вакуумных линий и кабелей, выполняет заказчик. Далее уже специалисты «Клинрум Инструментс» проводят пусконаладочные работы, обучение персонала и валидацию системы, если это требуется. Подобный подход позволяет заказчику значительно сократить расходы на монтаж и пусконаладку.

Сервисное обслуживание

Разумеется, еще до пуска системы мониторинга в эксплуатацию заказчику следует продумать вопросы дальнейшего сервисного обслуживания системы. Надо помнить, что в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14644-2 все счетчики и датчики частиц следует ежегодно калибровать. Поскольку все лазерные датчики частиц Remote внесены в госреестр измерительных приборов РФ под номером № 46925-11 (сертификат US.C.31.001.A № 42817), то они могут также проходить процедуру поверки (разумеется, при необходимости, поскольку стандарт ГОСТ Р ИСО 14644-3 требует только наличия действующего **сертификата**

калибровки; поверка международными стандартами не предусмотрена).

На базе «Клинрум Инструментс» работает **авторизованный производителем сервис-центр по калибровке** приборов фирмы Lighthouse, в котором производится ежегодная калибровка приборов (в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 14644-3), их сервисное обслуживание, гарантийный и пост-гарантийный **ремонт**. Компания **Lighthouse** – единственный производитель счетчиков частиц, имеющий в России авторизованный сервис-центр, что позволяет потребителям экономить время и существенные средства (нет необходимости направлять приборы на ремонт, техническое обслуживание и калибровку в Европу или США).

Обращаем внимание на то, что ранее в процессе калибровки величины порогов дискриминации в счетчиках частиц корректировались путем регулировки подстроечных резисторов в электронном блоке прибора. Однако в последние два года ведущие производители счетчиков и датчиков частиц перешли на метод **электронной калибровки** своих приборов. Это означает, что для проведения калибровки необходимо войти в программу микропроцессора, управляющего работой прибора. Это требует не только специального оборудования (ПО, кабелей), но знания сервисного пароля прибора. Естественно, такие сведения компания-производитель предоставляет только специально обученному персоналу своего официального дилера.

Настоящее сообщение не претендует на полноту, поскольку, как уже отмечалось выше, буквально каждая система мониторинга индивидуальна. Кроме того, постоянно продолжается разработка и выпуск новых компонентов для систем мониторинга. Но мы надеемся, что приведенная информация поможет читателям правильно сориентироваться в тех богатых возможностях, которые предоставляет современное развитие приборостроения и информационных технологий для создания максимально эффективного средства контроля и управления современным производством, использующим чистые помещения.

На сайте нашей компании <http://www.clri.ru> можно найти, просмотреть (и сохранить на своем компьютере) проспекты на русском языке для большинства описанного оборудования. Кроме того, сотрудники группы компаний «Клинрум Инструментс» всегда готовы оказать консультативную помощь по всем обсуждаемым выше вопросам. ■



Научно-Производственный Центр «Клинрум Инструментс»

г. Москва, ул. маршала Малиновского, д. 6, корп. 1
Почтовый адрес: 123060 г. Москва, а/я 32
☎ (499) 196-7727, 7594; 📠 (499) 196-7727
<http://www.clri.ru>, e-mail: clri@clri.ru