



Компрессоры  **Пневматика**

СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОЗДУХА

СЕГОДНЯ В НОМЕРЕ:

Осушка сжатого воздуха

Очистка сжатого воздуха

**Пневматическая магистраль:
основы проектирования и монтажа**

Шутки на ветер



+ Каталог оборудования для подготовки сжатого воздуха



Почему FIAC?



1. FIAC - это лучшая цена в категории надежных воздушных компрессоров.
2. Компания FIAC (www.fiac.it) работает в России через свое представительство. Это позволяет избежать дополнительных коммерческих наценок и поддерживать максимально низкие цены.
3. Компрессоры FIAC отличаются повышенной надежностью. Именно поэтому мы можем предложить Вам уникальные условия гарантии:
 - На Винтовые компрессоры серии CRS и AIRBLOK - **3 года**
 - На Поршневые компрессоры серии LONG LIFE - **2 года**
4. Наши клиенты утверждают: *«Сервисный центр FIAC располагает, пожалуй, самым большим складом запасных частей среди продавцов компрессорного оборудования»* (А. Гунченко, сервисный инженер ООО «МВС сервис»).
5. FIAC - самый популярный бренд.

По данным независимого исследования, опубликованного в журнале «Ремонтная зона» (август 2008 года), компрессоры FIAC составляют 11,6% всех компрессоров, установленных в автосервисах Москвы.

Это больше, чем у любой другой компании.
6. FIAC предлагает продукцию в разных ценовых категориях для разных клиентов.

Винтовые компрессоры: NEW SILVER - Эконом, CRS - Оптимум, AIRBLOK – Максимум.
Поршневые компрессоры: AB - Эконом, LONG LIFE - Оптимум, SCS - Максимум.
7. FIAC Air Compressors Spa пользуется заслуженным авторитетом у крупнейших транснациональных корпораций. FIAC выпускает компрессоры для самых известных международных брендов: Black&Decker, Michelin и многих других.
8. Нас любят наши клиенты. Кто хоть раз покупал компрессор FIAC, тот возвращается к нам снова и снова. Повторные продажи компрессорного оборудования Представительством FIAC в России составляют более 80%.

Посмотрите отзывы наших клиентов на сайте www.fiak.ru/comment.phtml.
9. При покупке на сумму 200 000 рублей и выше мы доставим Вам оборудование в любую точку Москвы совершенно БЕСПЛАТНО.
10. Представительство FIAC выпускает БЕСПЛАТНЫЙ специализированный журнал для тех, кто так или иначе связан с компрессорным оборудованием. В максимально простой и понятной форме мы стремимся донести до заинтересованных лиц информацию об устройстве, расчете, эксплуатации и техническом обслуживании компрессоров и систем подготовки воздуха.

Подпишитесь на журнал "Компрессоры и Пневматика" по адресу:
<http://www.fiak.ru/journal.phtml>

Содержание

- Подготовка сжатого воздуха..... 2
- Циклонный сепаратор..... 4
- Рефрижераторный осушитель сжатого воздуха..... 4
- Адсорбционный осушитель сжатого воздуха..... 9
- Фильтрация сжатого воздуха..... 13
- Сепаратор (разделитель) конденсата..... 15
- Типовые схемы систем подготовки сжатого воздуха..... 15
- Практические рекомендации по выбору оборудования для подготовки сжатого воздуха..... 17
- Пневматические магистрали на промышленных предприятиях: основы проектирования и расчета монтажа..... 19
- Каталог: Системы подготовки сжатого воздуха..... 25
- Шутки на ветер..... 29

От редакции



Главный редактор информационного бюллетеня «Компрессоры и Пневматика»
Дмитрий Краснов

Уважаемые партнеры, коллеги, друзья!

Очередной номер нашего бумажного информационного бюллетеня «Компрессоры и Пневматика» («КиП») посвящен подготовке сжатого воздуха. Если Вы по какой-то причине не получили наши предыдущие номера «Поршневые компрессоры» и «Винтовые компрессоры», а они Вам очень нужны, то направьте заявку по e-mail: kip@fiak.ru. Не забудьте указать свой почтовый адрес.

Редакция «Кип» в 2012г. планирует выпуск еще одного тематического выпуска. На его страницах будет рассмотрен широкий круг вопросов: ресурс и надежность компрессорного оборудования, особенности расчета и выбора воздушного ресивера, основы пневмоаудита и т.д. Обо всем этом мы поговорим в ближайшие полгода.

Хотим еще раз напомнить, что наша электронная рассылка и бумажная версия журнала – это не одно и то же. Какая-то информация повторяется, но есть и довольно существенные различия. Следите за нашими электронными рассылками.

Если Вам нравится то, что мы делаем

Рекомендуйте нашу БЕСПЛАТНУЮ рассылку своим коллегам

Информационный бюллетень будет полезен всем, кто так или иначе связан с компрессорным оборудованием, будь то продавцы или производственники. Подписаться на Информационный бюллетень «Компрессоры и Пневматика» можно по адресу:

<http://www.fiak.ru/journal.phtml>

Будем благодарны за Ваши замечания и пожелания по поводу нашего бюллетеня, которые просим направлять по e-mail: kip@fiak.ru.

Полезного Вам чтения,
Редакция «КиП»

ПОДГОТОВКА СЖАТОГО ВОЗДУХА

В сжатом воздухе всегда содержатся различные примеси в виде твердых, жидких и газообразных (парообразных) включений, таких как конденсат, пыль, окалина, ржавчина, компрессорное масло и т.п. Все эти примеси оказывают крайне негативное воздействие на потребителей сжатого воздуха. Так, например, конденсат может вызывать коррозию трубопроводов пневматической магистрали. Кроме того, влага «разжижает» масло, используемое для смазки пневматического инструмента. Всего лишь капля конденсата, попадающая при покраске на окрашиваемую поверхность, заставляет заново переделывать всю работу. Не меньший вред наносят и твердые загрязняющие компоненты, которые приводят к абразивному износу элементов пневматического оборудования.

Поэтому воздух, произведенный компрессором, для нормальной работы пневматического оборудования не годится. Его в обязательном порядке необходимо осушить (удалить влагу) и очистить (удалить масло и твердые частицы).

Таким образом, под подготовкой сжатого воздуха понимают его осушку (удаление влаги) и очистку (удаление масла и твердых частиц).

Несмотря на то, что подготовка воздуха необходима практически всегда, качество подготовки (качество сжатого воздуха) может быть различным.

Качество сжатого воздуха определяет Стандарт

DIN ISO 8573-1 (Табл. 1). Стандарт устанавливает 6 классов чистоты воздуха и соответствующее каждому классу предельно допустимое содержание различных видов примесей.

В зависимости от требований к качеству сжатого воздуха используется то или иное оборудование для его подготовки.

Количественная оценка конденсата, образующегося при сжатии воздуха

Рассмотрим способы удаления влаги из сжатого воздуха и оборудование, которое для этого применяется. Но прежде попробуем численно оценить количество конденсата, образующегося при сжатии воздуха на практическом примере.

Одной из важнейших характеристик воздуха, используемой в технике, является влажность. Различают абсолютную и относительную влажность воздуха.

Абсолютная влажность (выражается в г/м³) – это величина, показывающая действительное содержание влаги (водяного пара) в единице объема газа (воздуха).

Относительная влажность (безразмерная величина, выражается в %) – равна отношению действительной (абсолютной) влажности воздуха к его максимально возможной влажности,

Таблица 1

| Класс чистоты | Максимальное содержание масла | Частицы твердых включений | | Максимальная температура точки росы под давлением |
|---------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|---|
| | | максимальный размер | максимальное содержание | |
| | мг/м ³ | мкм | мг/м ³ | °С |
| 1 | 10,0 | 10,0 | 0,1 | -70 |
| 2 | 20,1 | 1 | 1 | -40 |
| 3 | 1 | 5 | 5 | -20 |
| 4 | 5 | 15 | 8 | +3 |
| 5 | 25 | 40 | 10 | +7 |
| 6 | - | - | - | +10 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Температура точки росы °С | -10 | -5 | 0 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| Содержание влаги в воздухе, г/м ³ | 2,16 | 3,24 | 4,87 | 5,95 | 6,79 | 9,36 | 12,74 | 17,15 | 22,83 | 30,08 | 39,29 | 50,67 |

соответствующей состоянию насыщения при заданной температуре. Следовательно, это величина, характеризующая степень насыщения воздуха водяным паром. Величина абсолютной влажности при постоянной относительной влажности, является функцией температуры, то есть чем выше температура, тем больше влаги содержится в воздухе.

Еще одним важным параметром является температура точки росы. **Температура точки росы** – это температура, при которой начинается процесс конденсации влаги. Фактически по температуре точки росы можно судить о максимальном количестве влаги, содержащейся в воздухе при постоянной температуре.

В Таблице 2 показаны значения максимального содержания влаги в воздухе в диапазоне температур от -10°C до +40°C.

При помощи Таблицы 1 можно легко произвести оценочный расчет содержания влаги на выходе из компрессора. Рассмотрим два примера.

Пример 1. Сколько влаги содержится в 1 м³ атмосферного воздуха при температуре +20°C и относительной влажности 70%?

Как говорилось выше, относительная влажность воздуха определяется отношением действительного влагосодержания к максимально возможному влагосодержанию при заданной температуре. Из Таблицы 1 определим, что максимально возможное содержание влаги при температуре +20°C составляет 17,15 г/м³. Тогда искомое количество влаги равно:

$$17,15 \times 0,7 = 12 \text{ г/м}^3$$

При сжатии воздуха его способность удерживать влагу в виде пара зависит от того, насколько уменьшается его объем. И если при этом не происходит существенного увеличения температуры, влага начнет конденсироваться.

Пример 2. Винтовой компрессор сжимает за один час 60 м³ атмосферного воздуха при температуре +20°C и относительной влажности 70% до избыточного давления 10 бар (11 бар

абсолютного). Температура сжатого воздуха на выходе из компрессора + 30°C. Определить количество выделившегося конденсата?

Из Таблицы 1 определим, что при температуре + 20°C в 1 м³ воздуха может содержаться максимум 17,15 г/м³ влаги, следовательно, в 60 м³ воздуха влаги будет 1029 г.

При относительной влажности 70% в 60 м³ воздуха влаги будет соответственно:

$$1029 \times 0,7 = 720,3 \text{ г}$$

При сжатии объем воздуха уменьшается и воздух достигает состояния насыщения. Его уменьшенный объем можно подсчитать как отношение начального объема к величине абсолютного давления сжатого воздуха:

$$60 / 11 = 5,45 \text{ м}^3$$

Далее, определим максимальное количество влаги, которое может удерживаться в 5,45 м³ воздуха при температуре +30°C:

$$5,45 \times 30,08 = 163,94 \text{ г}$$

Следовательно, после сжатия количество влаги, выпавшей в виде конденсата за 1 час, составит:

$$720,3 - 163,94 = 556,36 \text{ г}$$

Не трудно подсчитать, что например, за 8 часов непрерывной работы количество выделившегося конденсата составит свыше четырех литров. И не смотря на некоторые условности расчета, хорошо видно - количество конденсата значительное.

Поэтому во избежание вредного воздействия, которое может оказать конденсат на пневматическое оборудование, его необходимо удалить. Можно отметить три основных типа оборудования для удаления конденсата:

- циклонные сепараторы;
- рефрижераторные осушители;
- адсорбционные осушители.

Рассмотрим каждый тип оборудования подробнее.

ЦИКЛОННЫЙ СЕПАРАТОР

Циклонный сепаратор является простейшим устройством, предназначенным для удаления конденсата (Рис. 1). Принцип действия циклонного сепаратора следующий - поток сжатого воздуха, поступающий в сепаратор, проходит через завихритель и под действием центробежной силы соударяется со стенками корпуса сепаратора. В результате частицы жидкости выделяются из потока и осаждаются в нижней части корпуса циклонного сепаратора, откуда периодически выводятся либо конденсатоотводчиком, либо вручную. Установленный в сепараторе блокиратор препятствует возврату удаленной жидкости в основной воздушный поток.

Заявленная эффективность сепаратора – удаление свыше 90% поступающей в него

влаги. Но в данном случае важно понимать, что сепаратор удаляет лишь уже сконденсированную влагу, не обеспечивая фиксированное значение температуры точки росы. И если после прохождения через сепаратор воздух продолжит охлаждаться, то произойдет дальнейшее выделение конденсата. Поэтому сепаратор может быть эффективен лишь как устройство позволяющее, в первую очередь, снизить нагрузку на магистральные фильтры и осушитель сжатого воздуха.



Рис. 1

РЕФРИЖЕРАТОРНЫЙ ОСУШИТЕЛЬ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Рефрижераторные осушители сжатого воздуха, обеспечивающие температуру точки росы $+3^{\circ}\text{C}$, нашли широкое применение на промышленных предприятиях. Сам же метод такой осушки получил название «осушка охлаждением», то есть сжатый воздух сначала охлаждается, а потом выделившийся при охлаждении конденсат отводится.

Принцип работы холодильной машины

Основными конструктивными элементами большинства холодильных машин являются холодильный компрессор, конденсатор, регулятор потока (капиллярная трубка) и испаритель (Рис. 2). Они соединены трубопроводами и представляют собой замкнутую систему, в которой непрерывно циркулирует хладагент. Рассмотрим физические процессы, происходящие в холодильной машине подробнее.

Циркуляцию хладагента обеспечивает холодильный компрессор. Компрессор всасывает парообразный хладагент и повышает его давление до 15-25 бар. Повышение давления сопровождается и повышением температуры хладагента.

Охлаждение парообразного хладагента происходит в конденсаторе. В нем хладагент переходит в жидкую фазу. Давление хладагента по-прежнему высокое.

Снижение давления происходит в регуляторе потока. При этом часть жидкости переходит в парообразное состояние, и в испаритель поступает уже смесь жидкости и пара.

В испарителе жидкость кипит, поглощает при этом тепло окружающего воздуха и вновь переходит в парообразное состояние. Пар из испарителя опять поступает в холодильный компрессор и цикл охлаждения повторяется.

Таким образом, основной принцип работы холодильной машины заключается в свойстве хладагента кипеть при низкой температуре и поглощать при этом тепло.

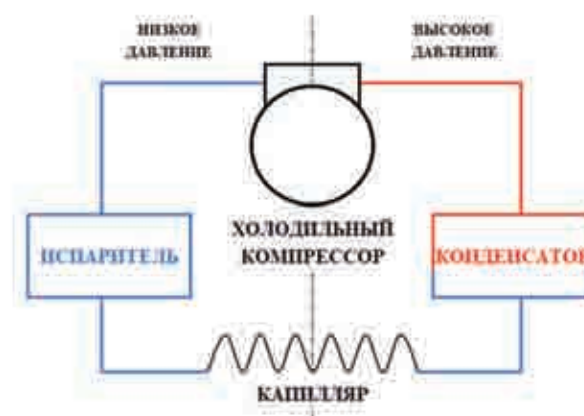


Рис. 2

Устройство и принцип работы рефрижераторного осушителя

Рассмотрим устройство и принцип работы рефрижераторного осушителя, являющегося по сути такой же холодильной машиной (Рис. 3). Осушитель состоит из двух контуров: воздуха и хладагента. Поступая в осушитель, горячий влажный воздух последовательно проходит через **два теплообменника типа «воздух-воздух» (5)** и **«воздух-хладагент» (4)**. В теплообменнике «воздух-воздух» входящий теплый и влажный воздух передает тепло выходящему, сам при этом частично охлаждаясь. Поэтому система охлаждения может работать с меньшей мощностью, экономя, таким образом, до 40-50% энергии. Далее в теплообменнике «воздух-хладагент» (испарителе) уже хладагент (фреон R134A или R404A) кипит и забирает тепло сжатого воздуха. В процессе охлаждения происходит образование конденсата, после чего холодный воздух попадает в **отделитель конденсата центробежного типа (6)**. Здесь, под действием центробежных сил, частицы конденсата оседают на боковой поверхности сепаратора, стекают на дно и в автоматическом режиме удаляются при помощи электроклапана сброса конденсата. Циркуляцию в осушителе хладагента обеспечивает **холодильный компрессор (1)**. После компрессора сжатый и нагретый хладагент проходит через **конденсатор (2)**, представляющий собой систему медных трубок, погруженных в пластинчатую структуру из алюминия. В конденсаторе хладагент охлаждается. Чтобы повысить эффективность охлаждения, на конденсаторе установлен **осевой вентилятор (7)**. Далее хладагент проходит через **капиллярную трубку (3)**, где за счет сужения диаметра трубки происходит уменьшение давления хладагента и соответственно его охлаждение перед испарителем.

Контроль температуры точки росы осуществляется специальным датчиком. Кроме того, в осушителе имеется система **by-pass горячего газа** (ее контур на схеме находится над холодильным компрессором). Эта система служит для исключения понижения температуры в испарителе ниже 0°C и образования в нем льда. При понижении температуры в испарителе до минимально допустимого значения, электроклапан направляет хладагент по контуру by-pass в обход конденсатора. Горячий хладагент сразу поступает в испаритель, предотвращая его обледенение.

Температура точки росы у рефрижераторных

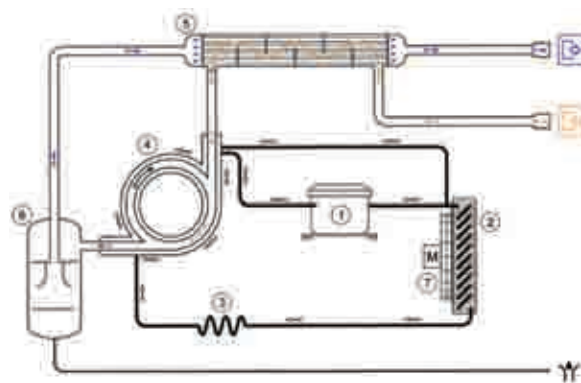


Рис. 3

осушителей, представленных сегодня на рынке, составляет $+3^{\circ}\text{C}$, следовательно, содержание влаги в сжатом воздухе на выходе из осушителя не превышает $5,95 \text{ г/м}^3$.

Рассмотренное выше конструктивное исполнение рефрижераторного осушителя встречается наиболее часто. Однако следует учитывать, что каждый производитель может вносить дополнительные изменения в конструкцию выпускаемого им оборудования. Например, известны модели, имеющие комбинированный теплообменник, объединяющий в единый блок теплообменники «воздух-воздух» и «воздух-хладагент». Тем не менее, общий принцип работы осушителя одинаков у всех производителей.

Основы расчета и выбора рефрижераторного осушителя

Выбор и расчет рефрижераторного осушителя осуществляется на основании его технических характеристик и с учетом корректирующих коэффициентов. Важно помнить, что технические характеристики осушителя, указанные в каталогах, соответствуют номинальным условиям. Например, если в характеристиках указано, что номинальная производительность осушителя составляет 1200 л/мин, то это означает следующее. Осушитель обеспечит заявленную температуру точки росы $+3^{\circ}\text{C}$ при прохождении через него 1200 л/мин воздуха, имеющего давление на входе в осушитель 7 бар, температуру на входе в осушитель $+35^{\circ}\text{C}$, а температура окружающей среды при этом составляет $+25^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, для выбора осушителя необходимо учитывать три основных параметра:

- давление сжатого воздуха на входе в осушитель;
- температуру сжатого воздуха на входе в осушитель;
- температуру окружающей среды.

Таблица 3

| k1 - поправочный коэффициент в зависимости от рабочего давления | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Бар | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Коэф. | 0,54 | 0,67 | 0,77 | 0,85 | 0,93 | 1,00 | 1,06 | 1,11 | 1,15 | 1,18 | 1,21 | 1,23 | 1,25 | 1,27 | 1,28 |

Таблица 4

| k2 - поправочный коэффициент в зависимости от температуры окружающей среды | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Температура окружающей среды, °С | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| Коэффициент | 1,00 | 0,95 | 0,88 | 0,78 | 0,70 |

Таблица 5

| k3 - поправочный коэффициент в зависимости от температуры воздуха на входе в осушитель | | | | |
|--|------|------|------|------|
| Температура окружающей среды, °С | 30 | 35 | 40 | 45 |
| Коэффициент | 1,20 | 1,00 | 0,82 | 0,67 |

Таблица 6

| k4 - поправочный коэффициент в зависимости от температуры точки росы | | | | | | | | |
|--|---|------|------|------|-----|------|------|------|
| Температура окружающей среды, °С | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Коэффициент | 1 | 1,02 | 1,05 | 1,07 | 1,1 | 1,12 | 1,15 | 1,18 |

Изменение любого из этих параметров может оказать существенное влияние на качество осушки. Поэтому при выборе осушителя используют таблицы корректирующих коэффициентов (Табл. 3, Табл. 4, Табл. 5, Табл. 6).

Разберем практический пример расчета осушителя с помощью корректирующих коэффициентов. Определим, как изменится производительность осушителя при давлении сжатого воздуха на входе в осушитель 8 бар, температуре окружающей среды +25°C, температуре воздуха на входе в осушитель +45°C. Какое количество воздуха сможет эффективно обработать осушитель, чтобы обеспечить температуру точки росы +3°C?

Рассмотрим рефрижераторный осушитель TDRY 12 производства компании FIAС (Италия). Данный осушитель имеет номинальную производительность (производительность при номинальных условиях) 1200 л/мин.

Действительная производительность осушителя в зависимости от рабочих условий определяется так:

$$Q_{дейст} = Q_{ном} \times k1 \times k2 \times k3 \times k4$$

Произведя расчет, получим, что при заданных условиях действительная производительность осушителя TDRY 12 составляет 852 л/мин. Это почти на 30% меньше номинальной производительности 1200 л/мин! Полученное значение 852 л/мин говорит о том количестве воздуха, обработав которое осушитель обеспечит требуемую температуру точки росы +3°C.

Изменим условие задачи и определим, какой необходим осушитель, чтобы для заданных условий обеспечить требуемую температуру точки росы +3°C при расходе воздуха 1200 л/мин?

Выбор осушителя с учетом условий эксплуатации осуществляется на основании следующей формулы:

$$Q_{min} = Q_{треб} / (k1 \times k2 \times k3 \times k4)$$

Выполнив расчет, получим, что минимальная производительность осушителя должна быть 1689 л/мин, то есть в данном случае необходим осушитель TDRY 18.

Очевидно, что при повышении температуры сжатого воздуха на входе в осушитель его действительная производительность будет еще ниже. Поэтому выбирать осушитель только по номинальной производительности без учета корректирующих коэффициентов нельзя. А ведь часто выбор осушителя осуществляется именно так, и в результате осушитель не в состоянии обеспечить необходимую температуру точки росы.

Численные значения коэффициентов в таблицах у разных производителей могут отличаться. Но общий принцип одинаков: более высокое давление на входе в осушитель в целом возможно, а вот более высокой температуры сжатого воздуха на входе в осушитель и более высокой температуры окружающей среды желательно избегать.

Оборудование для снижения тепловой нагрузки на рефрижераторный осушитель

Как было указано выше, при эксплуатации рефрижераторного осушителя необходимо обеспечить температуру сжатого воздуха на входе в него в диапазоне от +30°C до +40°C. А какую температуру воздух имеет на самом деле?

Температура сжатого воздуха на выходе из поршневой компрессорной группы достаточно высока. Сложно привести ее точное значение, однако отметим следующее. Температура вспышки в открытом тигле компрессорного масла SHELL CORENA P 100, используемого в поршневом компрессоре, составляет +240°C. Вспышка масла в компрессорной группе, конечно, не происходит, поэтому предположим, что при интенсивной эксплуатации температура сжатого воздуха на выходе из компрессорной группы может достигать +150°C... +170°C. Температуру сжатого воздуха на выходе из винтового блока оценить проще: она не превышает +105°C (именно при достижении такой температуры срабатывает тепловая защита).

Далее сжатый воздух охлаждается в ресивере, после чего поступает в пневматическую магистраль. Двигаясь по ней, он расширяется и продолжает охлаждаться. Поэтому, чем дальше от компрессора установлен осушитель,

тем меньше на него тепловая нагрузка. Однако в действительности осушитель часто устанавливается в непосредственной близости от компрессора. Поэтому температура сжатого воздуха на входе в осушитель обычно значительно превышает требуемые параметры.

Для снижения температуры сжатого воздуха используются специальные охладители. Охладитель представляет собой теплообменник, составленный из медных трубок с оребрением из алюминия. Поток охлаждающего воздуха принудительно создает осевой вентилятор. Теплообменник позволяет охлаждать сжатый воздух с максимальной входящей температурой до +170°C. При этом температура воздуха на выходе из охладителя примерно на 10°C выше температуры окружающей среды.

Охладитель устанавливается между поршневым компрессором и осушителем. Что касается винтового компрессора, то в нем охладитель уже встроен – это воздушный радиатор.

В охладителе (радиаторе) значительное количество водяного пара превращается в жидкость. Чтобы ее отделить на выходе из охладителя устанавливается циклонный сепаратор. У винтового компрессора конденсат собирается в ресивере. Для его отвода рекомендуется установить на ресивер автоматический клапан удаления конденсата. Эти мероприятия позволят значительно снизить нагрузку на осушитель.



Рефрижераторный осушитель серии TDRY



Рис. 4

В настоящее время на рынке представлены осушители рефрижераторного типа с уже встроенными охладителями. Так, например, компания FIAC выпускает серию осушителей TXDRY (Рис 4).

Способы установки рефрижераторного осушителя в пневматическую магистраль

Существует два варианта установки рефрижераторного осушителя в пневматическую магистраль. Они отличаются местом расположения осушителя - он устанавливается либо перед воздушным ресивером, либо после него. Рассмотрим особенности каждого варианта.

Вариант 1. Рефрижераторный осушитель установлен после воздушного ресивера.

Данный вариант предпочтительнее в случае, когда потребление воздуха более-менее постоянное и соответствует производительности компрессора. При таком размещении осушителя тепловая нагрузка на него значительно снижена за счет того, что воздух последовательно охлаждается в охладителе и ресивере.

Вариант 2. Рефрижераторный осушитель установлен до воздушного ресивера.

Данный вариант предпочтительнее в случае,

когда потребление воздуха переменное и в некоторые моменты может превышать производительность компрессора. В этом случае «недостаток» производительности компрессора покрывается объемом ресивера.

Например, допустим, что некий потребитель работает с большим расходом воздуха в течение 20-30 секунд, после чего в течение 5-7 минут «отдыхает». В этом случае можно использовать компрессор с производительностью меньшей, чем расход воздуха. Компрессор будет работать в течение «времени отдыха» потребителя, создавая запас сжатого воздуха в ресивере. И разбор воздуха в течение 20-30 секунд будет осуществляться как раз за счет ресивера.

Если же при таком неравномерном характере потребления воздуха, оборудование разместить как в первом варианте, то осушитель, конечно, пропустит через себя больший объем воздуха, но температуру точки росы не обеспечит - она будет значительно выше.

Особенность второго варианта в том, что он позволяет легко проверить эффективность работы осушителя. Если осушитель работает нормально, то конденсата в ресивере не будет.

Полезные советы

Существует несколько простых правил, позволяющих оптимизировать процесс осушки сжатого воздуха.

1. Всасываемый компрессором воздух должен иметь как можно более низкую температуру. Чем ниже температура воздуха, тем меньше в ней содержится влаги.

2. Сжатый воздух, выходящий из рефрижераторного осушителя, не должен охлаждаться ниже температуры точки росы +3°C! Иными словами, прокладка пневматической магистрали на улице или в неотапливаемом зимой помещении недопустима. Поскольку при понижении температуры сжатого воздуха ниже температуры точки росы произойдет повторное выделение конденсата.

3. Не следует делать скрытую проводку, то есть прокладывать пневматическую магистраль в полу и стенах (даже в отапливаемых помещениях).

4. Подготовку сжатого воздуха рекомендуется проводить по возможности непосредственно перед потребителями.

АДСОРБЦИОННЫЙ ОСУШИТЕЛЬ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Адсорбция – это процесс поглощения вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела (адсорбента), имеющего пористую структуру и большую площадь внутренних поверхностей. В процессе адсорбции молекулы воды прикрепляются к адсорбенту под воздействием сил межмолекулярного притяжения. Как правило, в качестве адсорбента используются силикагели и молекулярное сито.

Для удаления влаги из сжатого воздуха служат адсорбционные осушители, обеспечивающие температуру точки росы -20°C , -40°C и -70°C . Область применения адсорбционных осушителей – предприятия пищевой, медицинской и электронной промышленности.

Как говорилось выше, адсорбционные осушители различаются по типу используемого активного материала (силикагель и молекулярное сито) и по способу регенерации адсорбента. Регенерация осуществляется методом горячего и холодного восстановления. Рассмотрим подробнее адсорбционный осушитель с холодной регенерацией адсорбента.

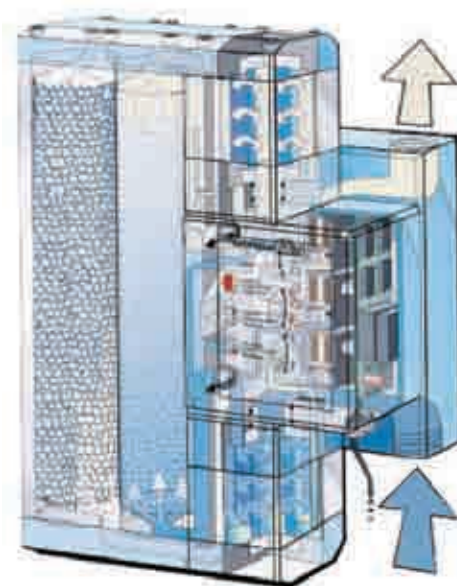


Рис. 5

Устройство и принцип работы адсорбционного осушителя с холодной регенерацией адсорбента

Основой адсорбционного осушителя являются две идентичные колонны (ресиверы), заполненные адсорбирующим материалом. Через эти колонны поочередно пропускается сжатый воздух (Рис. 5).

Во время прохождения воздуха через первую колонну влага, содержащаяся в нем, поглощается адсорбентом. И на выходе из колонны мы получаем сухой сжатый воздух. Через некоторое время происходит насыщение адсорбента влагой, и он уже не в состоянии обеспечивать заданную точку росы. Система управления работой осушителя направляет поток сжатого воздуха через вторую колонну. В то время как в ней происходит осушка воздуха, в первой колонне осуществляется регенерация адсорбента.

Ее обеспечивает часть сухого воздуха, идущая из второй колонны. При прохождении через слой влажного адсорбента воздух поглощает содержащуюся в нем влагу, после чего выходит в атмосферу через разгрузочный клапан и фильтр-глушитель.

Время переключения колонн и диаметр сопла регенерации (через которое идет сухой воздух в другую колонну) устанавливаются в зависимости от требуемой температуры точки росы.



Адсорбционный осушитель серии HDK

| k1 - поправочный коэффициент в зависимости от рабочего давления | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Бар | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 | 9 | 9,5 | 10 |
| Коэф. | 0,6 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,30 | 1,35 |

Таблица 8

| k2 - поправочный коэффициент в зависимости от температуры воздуха на входе в осушитель | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| Температура окружающей среды, °С | <25 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| Коэффициент | 1,20 | 1,15 | 1,10 | 1,00 | 0,80 | 0,75 | 0,60 |

Таким образом, процесс адсорбции идет непрерывно: пока в одной колонне адсорбент поглощает влагу, в другой колонне адсорбент подвергается регенерации. Количество сухого воздуха, идущего на регенерацию, следующее:

- 15% при температуре точки росы -20°C ;
- 20-25% при температуре точки росы -40°C ;
- 30% при температуре точки росы -70°C .

Адсорбент, находящийся в колоннах, при попадании в него масла, содержащегося в сжатом воздухе, теряет свои адсорбирующие свойства. Поэтому для защиты адсорбента на входе в осушитель установлен микрофильтр, который задерживает частицы масла (их содержание на выходе из фильтра не более $0,01 \text{ мг/м}^3$) и микрочастицы размером свыше $0,01 \text{ мкм}$. Благодаря этому срок службы адсорбента может составлять 3-5 лет.

При прохождении обрабатываемого воздуха через осушитель в него попадают твердые частицы адсорбента, которые могут быть опасны для конечных потребителей сжатого воздуха. Для их улавливания на выходе из осушителя установлен фильтр тонкой очистки, который задерживает частицы размером свыше 1 мкм .

Основы расчета и выбора адсорбционного осушителя

Выбор и расчет адсорбционного осушителя, так же как и выбор рефрижераторного осушителя, осуществляется на основании его технических характеристик и с учетом корректирующих коэффициентов (Табл.7, Табл.8). Кроме того, необходимо помнить, что особенность адсорбционных осушителей в том, что часть уже

осушенного воздуха идет на регенерацию адсорбента и до конечного потребителя воздуха не доходит.

Рассмотрим практический пример расчета адсорбционного осушителя производства FIAK с помощью корректирующих коэффициентов. Выберем осушитель, позволяющий обеспечить температуру точки росы -40°C при расходе воздуха 4000 л/мин . Предположим, что используется винтовой компрессор, оснащенный встроенным воздушным радиатором; минимальное давление сжатого воздуха на входе в осушитель составляет 8 бар; температура окружающей среды $+30^{\circ}\text{C}$.

Прежде всего, определим температуру сжатого воздуха на входе в осушитель. Если винтовой компрессор оснащен воздушным радиатором, то температура воздуха на выходе из него примерно на 10°C выше температуры окружающей среды. В нашем случае температура сжатого воздуха составит $+40^{\circ}\text{C}$ (охлаждением воздуха в ресивере, установленном после компрессора, пренебрежем).

При номинальных рабочих условиях (при давлении 7 бар и температуре сжатого воздуха на входе в осушитель $+35^{\circ}\text{C}$) требуемый поток на входе в осушитель должен составлять 4000 л/мин плюс некоторое количество воздуха, идущее на регенерацию адсорбента. Для адсорбционного осушителя с температурой точки росы -40°C на регенерацию адсорбента расходуется 20% воздуха от его номинальной производительности. Учитывая, что в этом случае 4000 л/мин составляют 80% от количества воздуха на входе в осушитель, получим, что номинальная производительность адсорбционного осушителя должна быть не менее:

$$Q_{\text{ном}} = 4000 / 80\% = 5000 \text{ л/мин}$$

Выберем осушитель в соответствии с реальными условиями работы. Реальная производительность осушителя определяется так:

$$Q_{\text{реал}} = Q_{\text{ном}} / (k1 \times k2) = 5000 / (1,10 \times 0,8) = 5861 \text{ л/мин}$$

Получается, что в нашем случае осушитель должен иметь производительность не менее 5861 л/мин. Этим требованиям соответствует осушитель HDA 6250 с номинальной производительностью 6250 л/мин.

Таким образом, еще одна особенность, связанная с адсорбционными осушителями заключается в том, что при подборе оборудования сначала выбирается осушитель и только после этого компрессор. В этом существенное отличие от выбора рефрижераторного осушителя, который подбирается под уже имеющееся компрессорное оборудование.

Количественная оценка эффективности работы рефрижераторных и адсорбционных осушителей

Рассмотрим практический пример, позволяющий определить какое количество влаги, содержащейся в сжатом воздухе, отводится при использовании рефрижераторного и адсорбционного осушителя.

Предположим, что винтовой компрессор CRS 30 с производительностью 3120 л/мин (187,2 м³/час) сжимает за 8 часов работы при 70% загрузке 1048,3 м³ атмосферного воздуха при температуре +20°C и относительной влажности 70% до избыточного давления 10 бар (абсолютного давления 11 бар). Температура сжатого воздуха на выходе из компрессора +30°C. Определим количество выделившегося конденсата и количество влаги, оставшейся в воздухе?

Таблица 9 показывает величины максимального содержания влаги в воздухе в диапазоне температур от -100°C до +100°C.

Из Таблицы 9 определим, что в 1 м³ воздуха при температуре +20°C может содержаться максимум 17,15 г влаги, следовательно, в 1048,3 м³ воздуха влаги будет 17978 г.

При относительной влажности 70% количество влаги в 1048,3 м³ воздуха составит:

$$\varphi_{+20C} = 17978 \times 0,7 = 12585 \text{ г}$$

При сжатии объем воздуха уменьшается, и воздух

достигает состояния насыщения. Его уменьшенный объем можно подсчитать как отношение начального объема к величине абсолютного давления сжатого воздуха:

$$V_{\text{сж}} = 1048,3 / 11 = 95,3 \text{ м}^3$$

Далее определим максимальное количество влаги, которое может удерживаться в 95,3 м³ воздуха при температуре +30°C:

$$\phi_{+30C} = 95,3 \times 30,08 = 2866 \text{ г}$$

Следовательно, количество влаги, выпавшей в виде конденсата за 8 часов работы, составит:

$$\delta\phi_1 = 12585 - 2866 = 9719 \text{ г}$$

Если после компрессора установить рефрижераторный осушитель с температурой точки росы +3°C, то 95,3 м³ воздуха при температуре +30°C могут удерживать максимум:

$$\varphi_{+3C} = 95,3 \times 5,95 = 567 \text{ г}$$

Количество отведенной осушителем влаги за 8 часов составит:

$$\delta\varphi_2 = 2866 - 567 = 2299 \text{ г}$$

Если же после компрессора установить, например, адсорбционный осушитель с температурой



Адсорбционный осушитель серии HDA

Таблица 9

| t в °С точка росы | Содержание влаги, г/м³ | t в °С точка росы | Содержание влаги, г/м³ | t в °С точка росы | Содержание влаги, г/м³ | t в °С точка росы | Содержание влаги, г/м³ |
|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| -100 | 0,00000 | -50 | 0,03800 | 0 | 4,86800 | 50 | 2,25700 |
| -99 | 0,00000 | -49 | 0,04300 | 1 | 5,20900 | 51 | 86,17300 |
| -98 | 0,00002 | -48 | 0,04800 | 2 | 5,57000 | 52 | 90,24700 |
| -97 | 0,00003 | -47 | 0,05400 | 3 | 5,95300 | 53 | 94,48300 |
| -96 | 0,00003 | -46 | 0,06000 | 4 | 6,35900 | 54 | 98,88300 |
| -95 | 0,00003 | -45 | 0,06700 | 5 | 6,79000 | 55 | 103,45300 |
| -94 | 0,00004 | -44 | 0,07500 | 6 | 7,24600 | 56 | 108,20000 |
| -93 | 0,00005 | -43 | 0,08300 | 7 | 7,73200 | 57 | 113,13000 |
| -92 | 0,00006 | -42 | 0,09300 | 8 | 8,24300 | 58 | 118,19900 |
| -91 | 0,00008 | -41 | 0,10400 | 9 | 8,78400 | 59 | 123,49500 |
| -90 | 0,00009 | -40 | 0,11700 | 10 | 9,35600 | 60 | 129,02000 |
| -89 | 0,00011 | -39 | 0,13000 | 11 | 9,96100 | 61 | 134,68400 |
| -88 | 0,00014 | -38 | 0,14400 | 12 | 10,60000 | 62 | 140,65900 |
| -87 | 0,00015 | -37 | 0,16000 | 13 | 11,27600 | 63 | 146,77100 |
| -86 | 0,00018 | -36 | 0,17800 | 14 | 11,98700 | 64 | 153,10300 |
| -85 | 0,00023 | -35 | 0,19800 | 15 | 12,73900 | 65 | 159,65400 |
| -84 | 0,00029 | -34 | 0,22000 | 16 | 13,53100 | 66 | 166,50700 |
| -83 | 0,00034 | -33 | 0,24400 | 17 | 14,36700 | 67 | 173,57500 |
| -82 | 0,00040 | -32 | 0,27100 | 18 | 15,24600 | 68 | 180,85500 |
| -81 | 0,00048 | -31 | 0,30100 | 19 | 16,17200 | 69 | 188,42800 |
| -80 | 0,00055 | -30 | 0,33000 | 20 | 17,14800 | 70 | 196,21300 |
| -79 | 0,00066 | -29 | 0,37000 | 21 | 18,19100 | 71 | 204,28600 |
| -78 | 0,00076 | -28 | 0,41000 | 22 | 19,25200 | 72 | 212,64800 |
| -77 | 0,00089 | -27 | 0,46000 | 23 | 20,38600 | 73 | 221,21200 |
| -76 | 0,00104 | -26 | 0,51000 | 24 | 21,57800 | 74 | 230,14200 |
| -75 | 0,00118 | -25 | 0,55000 | 25 | 22,83000 | 75 | 239,35100 |
| -74 | 0,00134 | -24 | 0,60000 | 26 | 24,14300 | 76 | 248,84000 |
| -73 | 0,00160 | -23 | 0,66000 | 27 | 25,52400 | 77 | 258,82700 |
| -72 | 0,00191 | -22 | 0,73000 | 28 | 26,97000 | 78 | 268,80600 |
| -71 | 0,00226 | -21 | 0,80000 | 29 | 28,48800 | 79 | 279,27800 |
| -70 | 0,00266 | -20 | 0,88000 | 30 | 30,07800 | 80 | 290,01700 |
| -69 | 0,00304 | -19 | 0,96000 | 31 | 31,77400 | 81 | 301,18600 |
| -68 | 0,00344 | -18 | 1,05000 | 32 | 33,49000 | 82 | 311,61600 |
| -67 | 0,00399 | -17 | 1,15000 | 33 | 35,31700 | 83 | 324,46900 |
| -66 | 0,00455 | -16 | 1,27000 | 34 | 37,22900 | 84 | 336,66000 |
| -65 | 0,00522 | -15 | 1,38000 | 35 | 39,28600 | 85 | 340,18600 |
| -64 | 0,00592 | -14 | 1,51000 | 36 | 41,32200 | 86 | 362,12400 |
| -63 | 0,00686 | -13 | 1,65000 | 37 | 43,50800 | 87 | 375,41700 |
| -62 | 0,00794 | -12 | 1,80000 | 38 | 45,59300 | 88 | 389,22400 |
| -61 | 0,00927 | -11 | 1,96000 | 39 | 48,18100 | 89 | 403,38000 |
| -60 | 0,01100 | -10 | 2,15600 | 40 | 50,67200 | 90 | 417,93500 |
| -59 | 0,01300 | -9 | 2,33900 | 41 | 53,27400 | 91 | 432,88500 |
| -58 | 0,01600 | -8 | 2,53700 | 42 | 55,98900 | 92 | 448,30800 |
| -57 | 0,01700 | -7 | 2,75100 | 43 | 58,82000 | 93 | 464,11900 |
| -56 | 0,01900 | -6 | 2,98400 | 44 | 61,77200 | 94 | 480,39400 |
| -55 | 0,02100 | -5 | 3,23800 | 45 | 64,84800 | 95 | 497,20900 |
| -54 | 0,02400 | -4 | 3,51300 | 46 | 68,05600 | 96 | 514,40100 |
| -53 | 0,02700 | -3 | 3,88900 | 47 | 71,39500 | 97 | 532,12500 |
| -52 | 0,03000 | -2 | 4,13500 | 48 | 74,87100 | 98 | 550,37500 |
| -51 | 0,03400 | -1 | 4,48700 | 49 | 78,49100 | 99 | 569,07100 |
| | | | | | | 100 | 588,20800 |

| Поправочный коэффициент в зависимости от рабочего давления | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Бар | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Козф. | 0,38 | 0,5 | 0,65 | 0,75 | 0,88 | 1,00 | 1,13 | 1,25 | 1,38 | 1,5 | 1,63 | 1,75 | 1,88 | 2,00 | 2,13 |

точки росы -40°C , то максимальное содержание влаги в $95,3 \text{ м}^3$ воздуха при температуре -40°C составит:

$$\varphi_{-40^{\circ}\text{C}} = 95,3 \times 0,117 = 11,15 \text{ г}$$

Таким образом, количество влаги, удаленной адсорбционным осушителем за 8 часов работы, составит:

$$\delta\varphi_3 = 2866 - 11,15 = 2854,85 \text{ г}$$

Из Таблицы 9 видно, что даже при использовании адсорбционного осушителя с температурой точки росы -70°C полностью удалить влагу из сжатого воздуха не удастся. Полное удаление влаги допустимо лишь при обеспечении температуры точки росы -99°C , что технически практически не достижимо.

ФИЛЬТРАЦИЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Очистка сжатого воздуха – это удаление из него твердых частиц и масла. По данным компаний-производителей фильтрующих элементов, атмосферный воздух всасываемый компрессором, может содержать в

1 м^3 до 180 млн частиц пыли, а содержание масла в нем составляет $0,01... 0,03 \text{ мг/м}^3$. При сжатии, например, до 10 бар избыточного давления, концентрация загрязняющих веществ увеличивается в 11 раз и в 1 м^3 сжатого воздуха будет содержаться уже более 2 млрд частиц пыли. Кроме того, источником загрязнения воздуха является и сам компрессор. В зависимости от типа компрессора в сжатый воздух добавляется от $2-3 \text{ мг/м}^3$ масла (после винтового) до 50 мг/м^3 (после поршневого) в виде аэрозоли и пара. Поэтому, исходя от конкретных требований, сжатый воздух подлежит той или иной очистке.



Рис. 6



Рис. 7

Фильтрующие элементы: классификация и назначение, порядок выбора

В зависимости от требований, предъявляемых к качеству сжатого воздуха, предполагается использование системы из четырех фильтров для удаления масла и твердых частиц (Рис. 6).

1. Фильтр предварительной (грубой) очистки FQ. Фильтр задерживает твердые частицы и эмульсии размером свыше 3 мкм. Обычно устанавливается после охладителя и циклонного сепаратора перед рефрижераторным осушителем. Задача это фильтра в первую очередь защита испарителя в осушителе от достаточно крупных твердых частиц и капель масла, содержащихся в воздухе. Установка фильтра такого класса позволяет обеспечить 3 класс чистоты (здесь и далее Стандарт



Сменные картриджи для фильтров (слева направо FQ, FP, FD и FC)

DIN ISO 8573-1) по твердым частицам и 3 (4) класс чистоты по содержанию масла.

2. Фильтр тонкой очистки FP. Фильтр задерживает частицы свыше 1 мкм, включая капли масла. Максимальное остаточное содержание масла на выходе из фильтра 0,1 мг/м³. Обычно устанавливается на выходе из рефрижераторного осушителя и используется для предотвращения коррозии трубопроводов, а также как предварительный фильтр перед микрофильтром. Установка фильтра такого класса позволяет обеспечить 2 класс чистоты по твердым частицам и 2 класс чистоты по содержанию масла.

3. Микрофильтр FD. Маслоулавливающий фильтр, задерживает остатки масла и микрочастицы размером свыше 0,01 мкм. Максимальное остаточное содержание масла на выходе из фильтра 0,01 мг/м³. Используется для защиты систем пневмоуправления, в пневмотранспорте и при покраске. Установка фильтра такого класса позволяет обеспечить 1 класс чистоты по твердым частицам и 1 класс чистоты по содержанию масла.

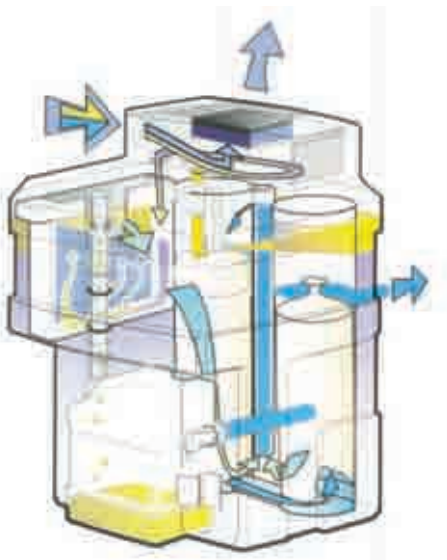


Рис. 8

4. Фильтр на основе активированного угля FC.

Фильтр на основе активированного угля служит для устранения паров и запахов масла. Максимальное остаточное содержание масла на выходе из фильтра не превышает 0,003 мг/м³. Используется в фармацевтической промышленности, в стоматологии, в пищевой промышленности, системах упаковки. В технике фильтр

данного класса применения практически не находит.

Для достижения высокого качества воздуха, а также для продления срока службы сменных фильтрующих элементов рекомендуется устанавливать эти фильтры последовательно.

Выбор типоразмеров фильтров производится с помощью таблицы корректирующих коэффициентов (Табл. 10). Производительность фильтра, указанная в технических характеристиках, соответствует номинальным рабочим условиям (давлению воздуха на входе в фильтр 7 бар).

С повышением рабочего давления повышается и пропускная способность фильтра. Для всех фильтров ограничение по максимальному давлению составляет 16 бар, а максимальная температура входящего сжатого воздуха не должна превышать +60°C.

Особенности применения фильтрующих элементов

Одним из важнейших показателей, позволяющих оценить эффективность работы фильтра, является дифференциальное давление. Дифференциальное давление – это величина, определяемая как разность между давлением на входе в фильтр и давлением на выходе из него. По сути, дифференциальное давление показывает степень сопротивления фильтра воздушному потоку. Чем выше величина дифференциального давления, тем сильнее загрязнен фильтрующий элемент. Контроль дифференциального давления осуществляется по манометру, установленному на фильтре (Рис. 7).

Падение давления происходит даже при установке нового фильтра (примерно от 0,05 до 0,2 бар). По мере работы картридж фильтра загрязняется, и величина дифференциального давления растет. Считается, что замена сменного картриджа должна происходить, если дифференциальное давление превышает 0,5 бар (на шкале манометров на

загрязнение фильтра указывает «красная зона»). Можно, конечно, эксплуатировать фильтр и при большем значении дифференциального давления, но это нецелесообразно с точки зрения энергоэффективности.

Скорость загрязнения сменного картриджа (соответственно и увеличения дифференциального давления) зависит от интенсивности использования фильтра. Кроме того, большое значение имеет и своевременное обслуживание фильтра, заключающееся в своевременном отводе из него конденсата.

Фильтры бывают двух типов: с ручным отводом конденсата и с автоматическим отводом. Первые

дешевле, но в этом случае необходимо учитывать пресловутый «человеческий фактор». Если сотрудник, ответственный за эксплуатацию системы фильтров, забудет своевременно удалить конденсат, то фильтр довольно быстро заполнится конденсатом и придется преждевременно менять сменный картридж. Поэтому фильтры с автоматическим удалением конденсата предпочтительнее, но они несколько дороже по цене.

В общем случае: при своевременном обслуживании фильтра периодичность замены сменных картриджей составляет 1-2 раза в год в зависимости от интенсивности эксплуатации.

СЕПАРАТОР (РАЗДЕЛИТЕЛЬ) КОНДЕНСАТА

Сепаратор (разделитель) конденсата – заключительный элемент, входящий в комплект оборудования для подготовки сжатого воздуха. Расчеты показывают, что объем конденсата, представляющего собой смесь масла и воды, может достигать нескольких десятков литров в день.

Воздушно-масляный конденсат представляет серьезную угрозу для окружающей среды. Поэтому в большинстве европейских стран слив конденсата в общую канализацию запрещен. Утилизация конденсата должна быть экологически безопасной, что предполагает его разделение на две составляющие – воду и масло. После этого вода удаляется в канализацию, а масло утилизируется в соответствии с действующими нормами и правилами.

Разделение конденсата на масло и воду происходит в сепараторе конденсата (Рис. 8). Принцип его работы следующий. Конденсат поступает в декомпрессионную камеру сепаратора, где происходит снижение его скорости, а сжатый воздух выходит в атмосферу через фильтр на основе активированного угля. Затем конденсат поступает в предварительный отстойник, где твердые частицы выпадают в осадок. Далее жидкая

фракция перетекает в основной отстойник. В основном отстойнике масло, имеющее меньшую плотность, чем вода, поднимается на поверхность, откуда по специальному каналу стекает в резервуар-маслосборник. В дальнейшем собранное в резервуаре масло утилизируют. Остающаяся в нижней части основного отстойника вода проходит через фильтры и также выводится из сепаратора. Качество воды таково, что она может сливаться в канализацию.

Можно отметить три основных достоинства использования сепаратора конденсата:

- процесс разделения конденсата не требует специальных затрат электроэнергии;
- утилизации подлежит не весь объем отведенного конденсата, а лишь небольшой объем компрессорного масла;
- сепаратор конденсата прост в обслуживании, которое заключается лишь в периодической замене фильтров.

Сегодня сепараторы конденсата пока еще не находят широкого применения на отечественных промышленных предприятиях. Но по мере ужесточения экологических требований их количество, безусловно, будет возрастать.

ТИПОВЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

В практической деятельности выбор оборудования для подготовки сжатого воздуха осуществляется в зависимости от требований, предъявляемых к качеству воздуха. Но что

делать, если эти требования неизвестны?

В этом случае можно воспользоваться типовыми решениями, разработанными для различных отраслей промышленности. Рассмотрим их подробнее.

Варианты подготовки сухого сжатого воздуха с использованием рефрижераторного осушителя

Варианты подготовки сжатого воздуха с использованием рефрижераторного осушителя нашли самое широкое применение на отечественных промышленных предприятиях. В соответствии со Стандартом DIN ISO 8573-1 рефрижераторный осушитель с температурой точки росы $+3^{\circ}\text{C}$ обеспечивает 4 класс чистоты по содержанию влаги. Этого достаточно для работы основной части промышленного пневмооборудования. В зависимости от требований, предъявляемых к содержанию в сжатом воздухе масла и твердых частиц, рефрижераторный осушитель доукомплектовывают магистральными фильтрами.

1.1. Рефрижераторный осушитель и фильтр предварительной очистки FQ



Рис. 9

Самая простая схема (Рис. 9), позволяющая обеспечить класс чистоты 3.4.3 (DIN ISO 8573-1). Она может с успехом использоваться, например, при дробеструйной обработке, при простой пескоструйной обработке или для питания сжатым воздухом крупных пневматических агрегатов. Основная задача, которая решается при помощи данной схемы, это удаление влаги. А использование фильтра предварительной очистки FQ необходимо для защиты, прежде всего, самого рефрижераторного осушителя от крупных твердых частиц и капель масла.

1.2. Рефрижераторный осушитель и комплект из двух фильтров FQ и FP



Рис. 10

Данная схема (Рис. 10) позволяет обеспечить класс чистоты 2.4.2 (DIN ISO 8573-1) и получить

сухой сжатый воздух. Она используется при точной пескоструйной обработке, при простой покраске, для питания простого пневмооборудования. Использование после осушителя фильтра тонкой очистки FP позволяет эффективно задерживать мелкие твердые частицы и капли масла.

1.3. Рефрижераторный осушитель и комплект из трех фильтров FQ, FP и FD



Рис. 11

Наиболее часто используемая на промышленных предприятиях схема (Рис. 11), обеспечивающая класс чистоты 1.4.1 (DIN ISO 8573-1), и позволяющая получать так называемый сухой сжатый воздух общепромышленного назначения. Схема используется для питания различных типов устройств пневмоуправления, пневмопривода, в фотолабораториях, при качественной покраске (например, покраске автомобилей в автосервисах) и так далее. Благодаря использованию микрофильтра FD удается задержать микрочастицы размером свыше $0,01\ \mu\text{м}$, и понизить остаточное содержание масла на выходе из фильтра до $0,01\ \text{мг/м}^3$.

1.4. Рефрижераторный осушитель и комплект из четырех фильтров FQ, FP, FD и FC



Рис. 12

Использование данной схемы (Рис. 12) также позволяет получать сухой сжатый воздух, но более высокого качества, чем в предыдущем варианте. Это достигается установкой фильтра на основе активированного угля, который служит для устранения паров и запахов масла. Схема находит применение в фармацевтической промышленности, в стоматологии, в пищевой промышленности, системах упаковки.

Варианты подготовки сухого сжатого воздуха с использованием адсорбционного осушителя

Использование адсорбционного осушителя обычно обусловлено двумя причинами:

- особые требования к качеству сжатого воздуха;
- пневматическая магистраль проходит на улице и необходимо предотвратить ее обледенение в зимнее время.

Рассмотрим типовые решения предполагающие использование адсорбционного осушителя подробнее.

2.1. Адсорбционный осушитель и комплект из четырех фильтров FQ, FP, FD и FC



Рис. 13

Схема с адсорбционным осушителем и комплектом из четырех фильтров (Рис. 13) востребована на предприятиях пищевой промышленности, в фармацевтике и медицине. Она обеспечивает класс чистоты 1.3.1., 1.2.1., 1.1.1 (DIN ISO 8573-1) и позволяет получать сухой сжатый воздух специального назначения.

В зависимости от требований, предъявляемых к содержанию влаги, возможно использование трех типов адсорбционных осушителей с температурой точки росы -20°C , -40°C и -70°C соответственно.

2.2. Адсорбционный осушитель, комплект из четырех фильтров FQ, FP, FD, FC и стерильный фильтр FST

Для некоторых технологических процессов (пищевая промышленность, фармацевтика,



Рис. 14

электроника, химическая промышленность, биотехнология) требуется стерильный воздух без бактерий, плесени, бактериофагов. Микроорганизмы являются существенной проблемой во многих производственных процессах, так как будучи живыми организмами, они способны размножаться. В результате качество продукции значительно снижается, либо продукция вообще становится непригодной.

Стерильные фильтры серии FST устанавливаются на выходе компрессорной станции после предварительной очистки сжатого воздуха от твердых частиц, влаги и паров масла (Рис. 14).

Они обеспечивают абсолютную степень фильтрации (99,999%). Фильтрующий элемент FST (Рис. 15) выполнен на основе боросиликата (биологически и химически инертного материала с пропускающей способностью 95%). Картридж фильтра подлежит периодической стерилизации в автоклаве. Фильтрующий элемент выдерживает не менее 100 циклов стерилизации без ухудшения технических характеристик.



Рис. 15

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Основной принцип при выборе оборудования для подготовки сжатого воздуха прост - оборудование должно точно соответствовать тем задачам, которые ему предстоит решать. Одинаково нежелательны ситуации, когда пытаются обойтись

как минимальным комплектом оборудования, так и выбирают оборудование с «гарантированным запасом».

Рассмотрим типовую схему (Рис. 11), обеспечивающую класс чистоты 1.4.1 (DIN ISO 8573-1),

и предназначенную для получения сухого сжатого воздуха общепромышленного назначения.

Достаточно часто потребители в целях экономии пытаются исключить из схемы фильтры FQ и FP, оставляя лишь фильтр FD. Свои действия они ошибочно мотивируют тем, что если фильтр FD имеет характеристики, обеспечивающие самую качественную очистку, то установка этого фильтра позволит получить заявленное качество сжатого воздуха. Напомним, что фильтр FD задерживает микрочастицы размером свыше 0,01 мкм, а остаточное содержание масла на выходе из фильтра не превышает 0,01 мг/м³.

Действительно, установка после рефрижераторного осушителя фильтра FD позволит получить заявленное качество воздуха. Однако:

- сменный картридж фильтра быстро выйдет из строя, поэтому указанное качество сжатого воздуха будет обеспечиваться крайне непродолжительное время;

- неочищенный сжатый воздух, поступающий в рефрижераторный осушитель, загрязняет его, что в конечном итоге может привести к преждевременному выходу осушителя из строя.

Последовательная установка трех фильтров FQ, FP и FD, напротив:

- позволит защитить рефрижераторный осушитель (фильтр FQ);

- сделает процесс удаления из сжатого воздуха масла и твердых частиц последовательным, что максимально продлит срок службы фильтров.

Можно рассмотреть и противоположный вариант, когда после осушителя и линейки из трех фильтров FQ, FP и FD устанавливается четвертый фильтр FC. Ничего плохого в этом нет, но надо помнить, что:

- качество сжатого воздуха при этом улучшается, но для подавляющего большинства промышленного пневмооборудования это улучшение не принципиально;

- установка фильтра вызовет дополнительное падение давления в пневматической магистрали;

- сменный картридж фильтра FC через некоторое время потребует замены, что приведет к дополнительным и необоснованным расходам.

Основной принцип, касающийся выбора оборудования для подготовки сжатого воздуха, можно рассмотреть и с другой стороны. Очень часто при использовании мощного винтового компрессора различным пневмопотребителям требуется воздух разного качества. Как поступить в этом случае: установить после компрессора

общую систему подготовки сжатого воздуха или провести децентрализацию и обеспечить подготовку воздуха в соответствии с реальными потребностями?

Экономически оправдано провести децентрализацию в том случае, когда поток сжатого воздуха более низкого качества превышает 20-25% в общем воздушном потоке. Иными словами, если производительность винтового компрессора составляет 10000 л/мин и при этом требуется 7000 л/мин сухого воздуха общепромышленного назначения и 3000 л/мин воздуха общего назначения, то установка после компрессора осушителя на 10000 л/мин нецелесообразна.

На практике данная рекомендация с успехом реализуется, например, в автосервисах. Там особые требования к качеству воздуха предъявляются на участках покраски. Напротив, на участках слесарного ремонта требования к качеству воздуха гораздо ниже. Оценить в процентном отношении воздушные потоки, идущие на эти участки, сложно, но очевидно, что на покраску обычно идет гораздо меньший поток. Поэтому для подачи воздуха в покрасочно-сушильную камеру часто делают отдельную ветвь и устанавливают в ней рефрижераторный осушитель и фильтры. А остальные рабочие места оборудуют блоками подготовки воздуха.



Магистральные фильтры

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МАГИСТРАЛИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА МОНТАЖА

Пневматическая магистраль – это такой же полноправный элемент компрессорной станции, как и основное оборудование: компрессоры, осушители и фильтры. И очень часто именно на этапе проектирования и монтажа пневматической магистрали допускаются ошибки, которые впоследствии являются причиной различных проблем со сжатым воздухом. Рассмотрим несколько наиболее распространенных ошибок подробнее. Причины, приведшие к этим ошибкам, разные. Но результат везде один: вышедшее из строя оборудование; производственные издержки; головная боль у работников, ответственных за обеспечение сжатым воздухом.

История первая о том, что скупой платит дважды

Предприятие приобрело, установило и подключило своими силами винтовую компрессорную установку, оснащенную встроенной системой подготовки сжатого воздуха. Прошло немного времени и в компанию, поставившую этот компрессор, позвонил возмущенный покупатель и сообщил, что система подготовки не обеспечила заявленное качество воздуха. В результате дорогостоящее пневматическое оборудование вышло из строя. Естественно, что эти убытки покупатель решил «повесить» на поставщика.

Прибывшие на предприятие представители поставщика выяснили, что до винтового компрессора здесь несколько лет отработал поршневой компрессор без системы подготовки воздуха. Это привело к тому, что на внутренней поверхности воздушного трубопровода образовалась некая маслянистая консистенция, которая вместе с частицами ржавчины и вылетала из трубы в то самое дорогостоящее оборудование. Сразу же провели небольшой тест: непосредственно к компрессору подключили новый шланг и проверили качество воздуха на выходе из него. Проблем с качеством воздуха не было.

Таким образом, причиной выхода из строя оборудования явилось неудовлетворительное состояние старого трубопровода. Решением

проблемы стал монтаж новой пневматической магистрали. О том, кто оплачивал вышедшее строя оборудование, история умалчивает

ВЫВОД. Если происходит замена старого компрессорного оборудования на новое, то это обязательно должно сопровождаться проверкой состояния уже имеющейся пневматической магистрали. В случае необходимости старую магистраль лучше сразу заменить.

Кстати, оценка состояния пневматической магистрали нужна не только с точки зрения качества сжатого воздуха. Если происходит покупка значительно более мощного компрессора, а общая протяженность имеющейся магистрали практически не меняется (в нее просто врезаются дополнительные отводы ограниченной длины для подключения пневмооборудования), то необходима проверка соответствия диаметра и длины трубопровода новому расходу воздуха.



Если пневмоточка располагается сверху, то в трубопровод также устанавливается тройник, в который далее, врезаются «Г-образный» отвод. На конце отвода монтируются запорный кран и устройство подготовки воздуха. (В данном случае, устройство отсутствует, т.к. оно уже штатно установлено на шиномонтажном станке).



При монтаже трубопровода желательно избегать так называемых «застойных зон», в которых может скапливаться конденсат. Например, условия прокладки требуют направить трубопровод вверх. В этом случае, на конце горизонтального участка трубопровода устанавливается тройник. Далее, установка отвода «вверх» сопровождается монтажом отвода «вниз» с обязательным краном для слива конденсата.

История вторая о размере, который имеет значение

Предприятие приобрело винтовой компрессор с хорошим запасом по производительности, и с расчетом на дальнейшее расширение производства. Но на монтаже пневматической магистрали решили сэкономить и собрали ее из гибких шлангов.

Предприятие успешно работало, расширялось, появлялись новые потребители сжатого воздуха. Проблем с их подключением не возникало: шланги разрезались, в них вставлялись тройники, и все это фиксировалось хомутами.

Однако через некоторое время воздуха стало не хватать, и у потребителя возникло

подозрение на то, что компрессор не обеспечивает заявленной производительности. С проверки производительности и начали представители поставщика, прибывшие на предприятие. Делается это легко. Допустим, компрессор имеет ресивер объемом 500 л. Засекается время, за которое компрессор заполнит воздухом пустой ресивер до максимального давления, например, до 10 бар. Затем, умножив объем на максимальное давление и разделив на определенное выше время (например, на 5 мин) получают интересующую величину производительности: в данном случае это примерно 1000 л/мин. Если окажется, что результат существенно не отличается от паспортного значения, значит, компрессор исправен.

В результате проверки выяснилось, что производительность компрессора соответствует номиналу. Анализ расхода сжатого воздуха также показал, что потребности предприятия компрессор должен удовлетворять без проблем. И тогда представители поставщика предположили, что причиной нехватки воздуха является магистраль, собранная из шлангов и хомутов. А если точнее, то падение давления, которое она вызывает. После этого была смонтирована магистраль из труб соответствующего диаметра. Вопрос с «нехваткой воздуха» успешно разрешился.

ВЫВОД. При монтаже пневматической магистрали необходимо учитывать соответствие протяженности трубопровода, его диаметра и реального расхода воздуха. Если после винтового компрессора сделать протяженную разводку из гибких шлангов диаметром 6-8 мм, то о нормальной работе пневмоинструмента можно и не мечтать.

А возможно и такое: если после мощного винтового компрессора смонтирована магистраль, имеющая слишком малый диаметр, то она часто не в состоянии принять весь произведенный объем сжатого воздуха. В результате в ресивере воздушно-масляного сепаратора создается избыточное давление, срабатывает предохранительный клапан и все внутренне пространство компрессора оказывается забрызганным маслом.

История третья о дырявой трубе или о «деньгах на ветер»

Предприятие приобрело новый винтовой компрессор на основании тщательных расчетов



Фильтр-влажномаслоотделитель со встроенным регулятором давления (слева) и фильтр-влажномаслоотделитель с лубрикатором

потребности в сжатом воздухе (и даже с запасом на будущее расширение производства). Но в процессе эксплуатации сразу же выяснилось: воздуха не хватает. Естественно, что у потребителя возникло подозрение, что причина проблемы в компрессоре, который не обеспечивает заявленной производительности. Прибывшие на предприятие представители поставщика сразу же проверили производительность — она оказалась в норме. Значит, дело не в компрессоре. Стали разбираться дальше и обратили внимание на интересный момент: обследование компрессора по просьбе заказчика проводилось в обеденный перерыв, когда практически все потребители воздуха не работали. Тем не менее, компрессор с завидным постоянством продолжал включаться в работу.

При осмотре производственных участков все сразу встало на свои места. Дело было, конечно, не в компрессоре. На участках «изо всех щелей» слышалось характерное «шипение» сжатого воздуха. Стало очевидным, что причиной возникшей проблемы стали утечки воздуха из пневматической магистрали вследствие отсутствия герметичности.

ВЫВОД. При монтаже пневматической магистрали или ее дальнейшей эксплуатации особое внимание необходимо уделить борьбе с утечками воздуха. Для справки: в трубопроводе со сжатым воздухом под давлением 7 бар утечка из отверстия диаметром 1 мм составляет 72 л/мин, а из отверстия диаметром 4 мм — 660 л/мин. А это, соответственно, 0,4 кВт и 4 кВт мощности электродвигателя компрессора!

Можно было бы привести еще несколько аналогичных примеров. Но и этих трех вполне

достаточно, чтобы понять: мелочей в таком важном деле, как доставка сжатого воздуха от компрессора к потребителям, не бывает.

Проектирование и монтаж пневматической магистрали: первые шаги

С чего же начать тому, кто решил правильно спроектировать и смонтировать пневматическую магистраль? Прежде всего, с четкого понимания того, что делать ее нужно правильно! По этой причине надо сразу отказаться от всякого рода «временок». Крайне нежелательна разводка из гибких шлангов. Большие потери из-за утечек воздуха, низкая механическая надежность шлангов, хомутов и т.п., потери давления — все это в конечном итоге непременно выливается в дополнительные финансовые расходы. Гибкие шланги ограниченной длины (не более 3-5 м) можно использовать лишь непосредственно для подключения пневмооборудования.

Основную магистраль следует собрать из стационарных труб: пластиковых, медных, алюминиевых с полимерным покрытием и так далее. Практика показывает, что желательно избегать «черных» труб и осторожно относиться к трубам из оцинковки (оцинковка может быть нанесена только снаружи); через некоторое время в таких трубах появятся продукты коррозии.

Рассмотреть в рамках одной статьи особенности монтажа магистралей из различных материалов сложно. Поэтому рассмотрим лишь один вариант - монтаж из пластиковых полипропиленовых труб, предназначенных для использования в системах горячего и холодного водоснабжения. В настоящее время пластик широко представлен на рынке. Он доступен по цене, технологичен в работе, пневматическая магистраль из пластика, как правило, удачно вписывается в интерьер производственного помещения.

Лучше всего поручить монтаж пневматической магистрали специализированной организации. Если же такой возможности нет, то можно обойтись и своими силами. Для работы понадобится специальное оборудование: сварочный аппарат с комплектом насадок для сварки (его, кстати, можно взять в аренду у продавца труб), ножницы для резки труб, ножовка, слесарный и измерительный инструмент.

ВАЖНО! Особенностью пластика является

| Расход воздуха, л/мин | Длина основного трубопровода, м | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| 100 | ½ " | ½ " | ½ " | | | | |
| 300 | ½ " | ¾ " | ¾ " | ¾ " | | | |
| 500 | ¾ " | ¾ " | 1" | 1" | 1" | 1" | 1" |
| 750 | ¾ " | 1" | 1" | 1" | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ¼ " |
| 1000 | 1" | 1" | 1" | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ¼ " |
| 1500 | 1" | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ½ " | 1 ½ " | 1 ½ " |
| 2000 | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ½ " | 1 ½ " | 1 ½ " | 1 ½ " |
| 2500 | 1 ¼ " | 1 ¼ " | 1 ½ " | 1 ½ " | 1 ½ " | 2" | 2" |

достаточно высокий коэффициент линейного расширения. Поэтому:

- в помещении, где производится монтаж, должна быть положительная температура, приближенная к той температуре, которая будет в дальнейшем при эксплуатации пневматической магистрали;

- возможный перепад температур в помещении учитывается монтажом специальных термокомпенсационных петель (как их правильно рассчитать расскажут в любой организации, поставляющей пластиковые трубы).

В качестве примера: на предприятии осенью был сделан монтаж в неотапливаемом помещении; после включения отопления пластиковые трубы «провисли».

Основные правила проектирования пневматической магистрали

Проектирование пневматической магистрали осуществляется в соответствии с приведенными ниже рекомендациями.

1. Пневматическая магистраль должна по возможности образовывать замкнутый контур. Это уменьшает падение давления в наиболее отдаленных

точках трубопровода. Пневматическое оборудование с более высоким рабочим давлением желательно располагать как можно ближе к компрессору.

2. Если магистраль не удастся полностью закольцевать, или при проектировании получается достаточно длинный прямолинейный участок трубопровода с мощным потребителем сжатого воздуха в конце участка, то этот потребитель можно подключить к магистрали через небольшой дополнительный ресивер. Это уменьшит падение давления в магистрали.

3. Основная магистраль прокладывается с уклоном не менее 2° для обеспечения слива конденсата. В «низких» точках магистрали для этой же цели устанавливаются дренажные краны (их можно в случае необходимости оборудовать автоматическими конденсатоотводчиками). Дренажные краны рекомендуется установить даже при использовании рефрижераторного осушителя.

4. В пневматическую магистраль устанавливаются несколько так называемых «магистральных кранов», которые позволяют в случае необходимости отключать отдельные участки трубопровода, например, при проведении его обслуживания. Кроме того, при помощи попеременного отключения

| Диаметр трубы | Эквивалентная длина трубы, м | | | |
|---------------|------------------------------|------------|---------|--------------|
| | Колено 90° | Колено 45° | Тройник | Шаровой кран |
| ½ " | 0,3 | 0,15 | 0,1 | 2 |
| ¾ " | 0,4 | 0,2 | 0,15 | 4 |
| 1" | 0,5 | 0,25 | 0,2 | 6 |
| 1 ¼ " | 0,6 | 0,3 | 0,25 | 8 |
| 1 ½ " | 0,8 | 0,4 | 0,35 | 10 |
| 2" | 0,9 | 0,5 | 0,45 | 15 |

Таблица 13

| Диаметр трубы | Пропускная способность (л/мин) при длине отвода не более | |
|---------------|--|------|
| | 1 м | 2 м |
| 3/8" | 380 | 230 |
| 1/2" | 1200 | 770 |
| 3/4" | 1980 | 1380 |
| 1" | 3000 | 2160 |

участков можно определить действительное потребление сжатого воздуха на каждом из них.

5. Трубопроводы следует прокладывать на стене, на потолке – то есть в доступной для обслуживания зоне. Не рекомендуется прокладка под полом и в земле по причине возможного образования конденсата.

6. Желательно учесть возможность дальнейшего расширения производства и сразу предусмотреть для этого несколько резервных пневмоточек.

7. Окончательную подготовку воздуха рекомендуется производить непосредственно перед потребителями. Для этой цели используются фильтры-влагомаслоотделители (для удаления влаги, масла и твердых частиц), регуляторы давления (для установки необходимого рабочего давления) и дозаторы смазки или лубрикатеры (для обеспечения подачи необходимого количества смазки). Лубрикатер должен располагаться на расстоянии не более 10 м от потребителя, иначе распыленное масло будет оседать на стенках магистрали или гибкого шланга. Оптимальная длина гибкого шланга 5-6 метров.

8. Каждая пневмоточка оборудуется запорным краном, который устанавливается перед устройством подготовки воздуха. Это упрощает дальнейшее обслуживание пневмоточки и позволяет оперативно отключить весь участок в случае возникновения каких-либо проблем. Для удобства работы на выходе из устройств подготовки воздуха устанавливаются быстросъемные разъемы.

На (Рис. 16) представлена схема пневматической разводки, выполненная в соответствии с рассмотренными выше рекомендациями.

Расчет пневматической магистрали

Следующий этап работы – определение диаметра основного трубопровода. В общем случае полный расчет пневматической магистрали представляет собой довольно сложную инженерно-техническую

задачу, решение которой возможно только с помощью специальных программ на ЭВМ. Расчет сводится к вычислению скоростей и расходов воздуха на различных участках трубопровода, а также к определению величины падения давления. В отличие от жидкостей, используемых в гидроприводе, воздух обладает высокой сжимаемостью, относительно малой плотностью в исходном атмосферном состоянии и существенно меньшей вязкостью. Именно по причине сжимаемости воздуха этот расчет намного сложнее расчета гидравлических систем и выполняется, как правило, только в самых ответственных случаях.

Поэтому в практической деятельности для определения диаметра основного трубопровода удобнее использовать специальные номограммы или таблицы, приведенные в справочной литературе.

Есть еще один способ определения диаметра основного трубопровода. Как известно падение давления при движении сжатого воздуха в трубе зависит от длины трубы (путевые потери) и от количества установленных фитингов, кранов и т.п. (местные потери). Предполагается учитывать потери от каждого «местного сопротивления» методом эквивалентной длины трубы. Иными словами, существуют зависимости, показывающие, сколько метров необходимо дополнительно добавить к длине прямолинейного участка трубопровода при установке каждого фитинга, крана и тому подобное. В этом случае расчет проводится так: по длине трубопровода и расходу воздуха из таблицы выбирается первоначальный диаметр основной трубы. Далее производится подсчет всех фитингов, и при помощи таблицы перевода определяется насколько необходимо увеличить длину основного трубопровода.

Для определения диаметра трубопровода в зависимости от его длины и расхода воздуха служит Таблица 10. В ней приведены допустимые значения диаметра при рабочем давлении в трубопроводе 8 бар и величине падения давления 0,1 бар на каждые 100 м трубопровода.

После определения диаметра основного трубопровода, производится подсчет фитингов и соответствующих эквивалентных длин. Значения эквивалентных длин для некоторых фитингов приведены в Таблице 11.

В качестве примера рассмотрим (Рис.16). Предположим, что длина основного трубопровода составляет 100 м, а расход воздуха 700 л/мин. По Таблице 10 находим, что искомый диаметр равен 1".

Для монтажа пневмосистемы используются следующие фитинги (эквивалентные длины находим в Таблице 11):

- колено 90° – 4 шт. $\times 0,5 \text{ м} = 2 \text{ м}$;
- тройник – 8 шт. $\times 0,2 \text{ м} = 1,6 \text{ м}$;
- магистральные краны – 3 шт. $\times 6 \text{ м} = 18 \text{ м}$.

Получаем, что эквивалентная длина трубопровода с учетом фитингов – 21,6 м, а общая длина – 121,6 м. Повторная проверка по Таблице 10 показывает, что использование основной трубы с диаметром 1" допустимо. В противном случае диаметр трубопровода следовало бы увеличить.

Следующий шаг - определение диаметров отводов для подключения пневмооборудования. Для выбора диаметра отвода служит Таблице 12, где указаны

максимальные значения пропускной способности для отводов различной длины и диаметра.

Это завершающий подготовительный этап работы. После его выполнения проводится монтаж магистрали. По завершении монтажа осуществляется продувка трубопровода и его проверка на герметичность.

Рассмотреть в рамках одной статьи все особенности, связанные с доставкой сжатого воздуха от компрессора до пневмооборудования, пожалуй, невозможно. Но мы надеемся, что приведенные выше рекомендации дадут общее представление об основных этапах работ и позволят потребителям правильно произвести проектирование, расчет и монтаж пневматической магистрали.

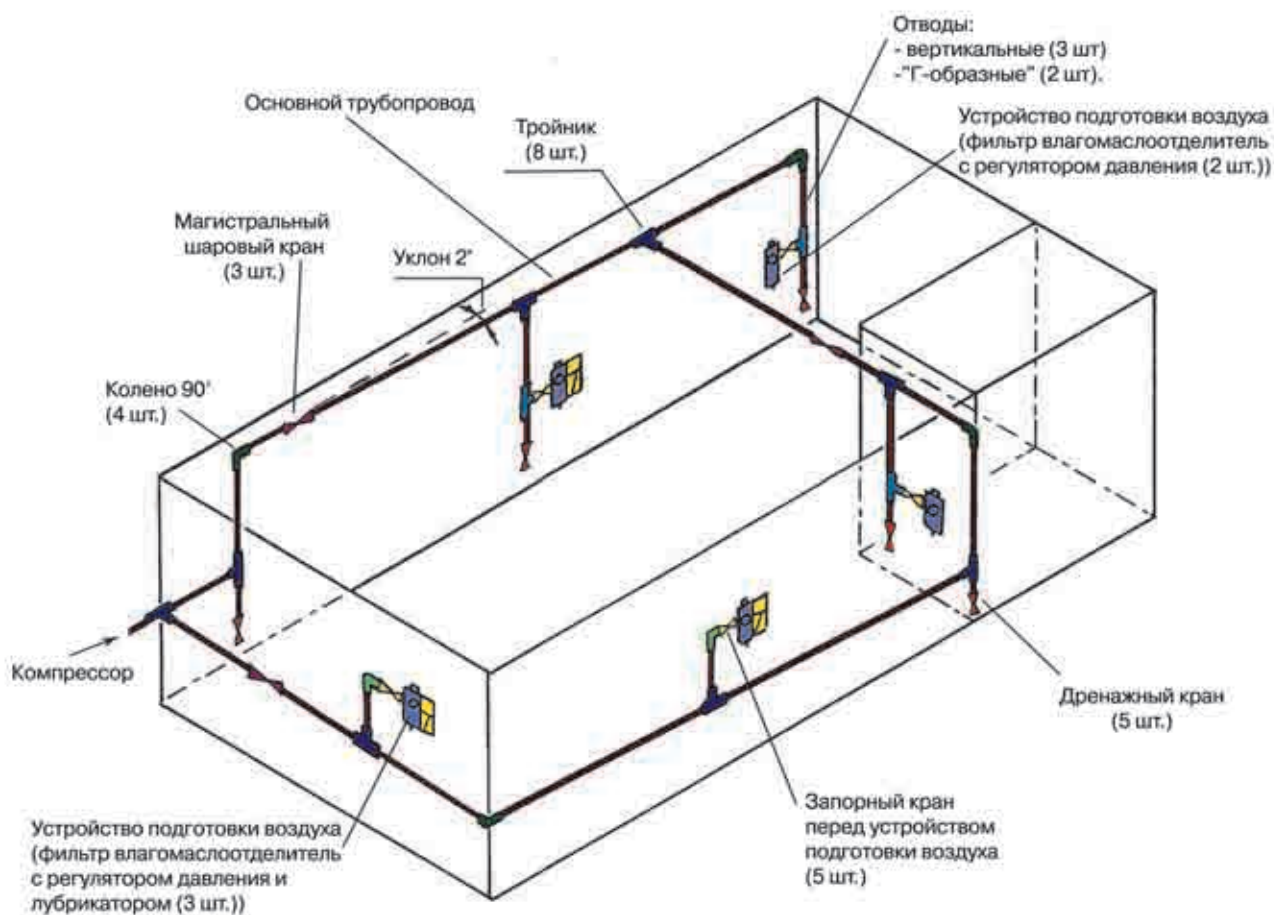


Рис. 16

СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Краткий каталог

Винтовые компрессоры со встроенной системой подготовки воздуха

| Модель | Ресивер | Воздух | Давление | Мощность | Соединение | Вес |
|--------|---------|--------|----------|----------|------------|-----|
| | л | л/мин | Бар | кВт | дюйм | кг |

Серия NEW SILVER D

| | | | | | | |
|----------------------|-----|-----------|------|-----|------|-----|
| NEW SILVER D 5,5/200 | 200 | 560/450 | 8/10 | 4 | 1/2" | 235 |
| NEW SILVER D 5,5/300 | 270 | 560/450 | 8/10 | 4 | 1/2" | 245 |
| NEW SILVER D 7,5/300 | 270 | 820/720 | 8/10 | 5,5 | 1/2" | 252 |
| NEW SILVER D 10/300 | 270 | 950/860 | 8/10 | 7,5 | 1/2" | 257 |
| NEW SILVER D 10/500 | 500 | 950/860 | 8/10 | 7,5 | 1/2" | 300 |
| NEW SILVER D 15/300 | 270 | 1560/1430 | 8/10 | 11 | 1/2" | 365 |
| NEW SILVER D 15/500 | 500 | 1560/1430 | 8/10 | 11 | 1/2" | 390 |
| NEW SILVER D 20/300 | 270 | 2010/1900 | 8/10 | 15 | 1/2" | 392 |
| NEW SILVER D 20/500 | 500 | 2010/1900 | 8/10 | 15 | 1/2" | 438 |

Серия CRSD

| | | | | | | |
|----------------|-----|------------------|----|------|------|-----|
| CRSD 5,5 | - | 420 | 10 | 4 | 3/4" | 209 |
| CRSD 5,5/300 | 270 | 420 | 10 | 4 | 3/4" | 323 |
| CRSD 7,5 | - | 660 | 10 | 5,5 | 3/4" | 210 |
| CRSD 7,5/300 | 270 | 660 | 10 | 5,5 | 3/4" | 324 |
| CRSD 10 | - | 970 | 10 | 7,5 | 3/4" | 213 |
| CRSD 10 SD | - | min 290-max 970 | 10 | 7,5 | 3/4" | 292 |
| CRSD 10/300 | 270 | 970 | 10 | 7,5 | 3/4" | 324 |
| CRSD 10/500 | 500 | 970 | 10 | 7,5 | 3/4" | 325 |
| CRSD 10/500 SD | 500 | min 290-max 970 | 10 | 7,5 | 3/4" | 434 |
| CRSD 15 E | - | 1400 | 10 | 11 | 3/4" | 264 |
| CRSD 15 SD | - | min 320-max 1450 | 10 | 11 | 3/4" | 328 |
| CRSD 15/300 E | 270 | 1400 | 10 | 11 | 3/4" | 425 |
| CRSD 15/500 E | 500 | 1400 | 10 | 11 | 3/4" | 456 |
| CRSD 15/300 SD | 270 | min 320-max 1450 | 10 | 11 | 3/4" | 439 |
| CRSD 15/500 SD | 500 | min 320-max 1450 | 10 | 11 | 3/4" | 470 |
| CRSD 20 | - | 1860 | 10 | 15 | 3/4" | 319 |
| CRSD 20/500 | 500 | 1860 | 10 | 15 | 3/4" | 461 |
| CRSD 25 | - | 2710 | 10 | 18,5 | 1" | 440 |
| CRSD 25/500 | 500 | 2710 | 10 | 18,5 | 1" | 570 |

СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Краткий каталог

| Модель | Ресивер | Воздух | Давление | Мощность | Соединение | Вес |
|-------------|---------|--------|----------|----------|------------|-----|
| | л | л/мин | Бар | кВт | дюйм | кг |
| CRSD 30 | - | 3190 | 10 | 22 | 1" | 460 |
| CRSD 30/500 | 500 | 3190 | 10 | 22 | 1" | 540 |
| CRSD 40 | - | 3920 | 10 | 30 | 1" | 485 |
| CRSD 40/500 | 500 | 3920 | 10 | 30 | 1" | 590 |

SD - частотный привод,

Винтовые компрессора серий NEW SILVER D и CRSD выпускаются на 8, 10 и 13 бар

Поршневые компрессоры в шумозащитном исполнении со встроенной системой подготовки воздуха

| Модель | Ресивер | Воздух | Давление | Мощность | Уровень шума | Вес |
|--------|---------|--------|----------|----------|--------------|-----|
| | л | л/мин | Бар | кВт | дБ | кг |

Серия SCS

| | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|----|-----|----|-----|
| SCS 500/300 ABS | 270 | 450 | 10 | 3 | 68 | 230 |
| SCS 600/300 ABS | 270 | 625 | 10 | 4 | 69 | 235 |
| SCS 951/300 ABS | 270 | 777 | 10 | 5,5 | 66 | 275 |
| SCS 951/500 ABS | 500 | 777 | 10 | 5,5 | 66 | 340 |

Рефрижераторные осушители воздуха

| Модель | Воздух | Питание | Мощность | Соединение | Вес |
|--------|--------|---------|----------|------------|-----|
| | л/мин | В | кВт | дюйм | кг |

Серия TDRY

| | | | | | |
|----------|-------|-----|------|--------|-----|
| TDRY 6 | 600 | 220 | 0,26 | 3/8" | 18 |
| TDRY 9 | 900 | 220 | 0,33 | 1/2" | 26 |
| TDRY 12 | 1200 | 220 | 0,43 | 1/2" | 26 |
| TDRY 18 | 1800 | 220 | 0,6 | 1/2" | 26 |
| TDRY 25 | 2500 | 220 | 0,62 | 3/4" | 33 |
| TDRY 32 | 3200 | 220 | 0,88 | 3/4" | 38 |
| TDRY 49 | 4900 | 220 | 1 | 1" | 60 |
| TDRY 63 | 6300 | 220 | 1,25 | 1" | 84 |
| TDRY 80 | 8000 | 220 | 1,65 | 1 1/2" | 88 |
| TDRY 105 | 10500 | 220 | 1,75 | 1 1/2" | 101 |
| TDRY 143 | 14300 | 220 | 2 | 2 1/2" | 125 |

СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Краткий каталог

| Модель | Воздух | Питание | Мощность | Соединение | Вес |
|----------|--------|---------|----------|------------|-----|
| | л/мин | В | кВт | дюйм | кг |
| TDRY 168 | 16800 | 220 | 2 | 2 1/2" | 175 |
| TDRY 185 | 18500 | 400 | 3,1 | DN80 PN16 | 260 |
| TDRY 250 | 25000 | 400 | 4,3 | DN80 PN16 | 265 |
| TDRY 350 | 35000 | 400 | 4,5 | DN80 PN16 | 350 |

Адсорбционные осушители воздуха

| Модель | Воздух | Питание | Мощность | Соединение | Вес |
|--------|--------|---------|----------|------------|-----|
| | л/мин | В | кВт | дюйм | кг |

Серия HDK/HDA

| | | | | | |
|----------|------|-----|------|------|----|
| HDK 83 | 83 | 220 | 0,04 | 1/2" | 7 |
| HDK 166 | 166 | 220 | 0,04 | 1/2" | 11 |
| HDK 250 | 250 | 220 | 0,04 | 1/2" | 26 |
| HDK 416 | 416 | 220 | 0,04 | 1/2" | 24 |
| HDK 583 | 583 | 220 | 0,04 | 1" | 29 |
| HDK 833 | 833 | 220 | 0,04 | 1" | 38 |
| HDK 1083 | 1083 | 220 | 0,04 | 1" | 48 |
| HDK 1333 | 1333 | 220 | 0,04 | 1" | 57 |
| HDK 1666 | 1666 | 220 | 0,04 | 1" | 67 |

| | | | | | |
|-----------|-------|-----|-----|--------|-----|
| HDA 2500 | 2500 | 220 | 0,4 | 1" | 200 |
| HDA 3750 | 3750 | 220 | 0,4 | 1 1/2" | 277 |
| HDA 5000 | 5000 | 220 | 0,4 | 1 1/2" | 321 |
| HDA 6250 | 6250 | 220 | 0,4 | 1 1/2" | 398 |
| HDA 9166 | 9166 | 220 | 0,4 | 2" | 431 |
| HDA 10833 | 10833 | 220 | 0,4 | 2" | 506 |
| HDA 14166 | 14166 | 220 | 0,4 | 2" | 595 |
| HDA 16666 | 16666 | 220 | 0,4 | 2 1/2" | 676 |

СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Краткий каталог

Магистральные фильтры

| Модель | Соединение | Объем проходящего воздуха, л/мин |
|----------------------|------------|----------------------------------|
| | дюйм | |
| FQ, FP, FD, FC 1000 | 3/8" | 1000 |
| FQ, FP, FD, FC 1300 | 1/2" | 1300 |
| FQ, FP, FD, FC 2000 | 3/4" | 2000 |
| FQ, FP, FD, FC 3300 | 1" | 3300 |
| FQ, FP, FD, FC 5600 | 1" | 5600 |
| FQ, FP, FD, FC 8500 | 1 1/2" | 8500 |
| FQ, FP, FD, FC 13000 | 1 1/2" | 13000 |
| FQ, FP, FD, FC 16500 | 2" | 16500 |
| FQ, FP, FD, FC 25000 | 2" | 25000 |
| FQ, FP, FD, FC 40000 | 3" | 40000 |

Сепараторы циклонного типа

| Модель | Соединение | Объем проходящего воздуха, л/мин |
|----------|------------|----------------------------------|
| | дюйм | |
| EK 2000 | 3/8" | 2000 |
| EK 2600 | 1/2" | 2600 |
| EK 3900 | 3/4" | 3900 |
| EK 6100 | 1" | 6100 |
| EK 12800 | 1 1/2" | 12800 |
| EK 16300 | 1 1/2" | 16300 |
| EK 33300 | 2" | 33300 |

Ресиверы вертикального исполнения

| Модель | Ресивер | Соединение | Вес | Размер |
|--------------|---------|------------|-----|----------|
| | л | дюйм | кг | d*h |
| PB 270.11.02 | 270 | 1" | 80 | 540*1950 |
| PB 270.16.00 | 270 | 1" | 95 | 540*1950 |
| PB 500.11.00 | 500 | 1 1/4" | 160 | 730*2050 |
| PB 500.16.00 | 500 | 1 1/4" | 170 | 730*2050 |

Шутки на ветер

Принцесса на горошине

Европейские «Кулибины» нашли интересный способ, позволяющий эффективно будить по утрам самых сонных граждан. Для этого под матрас кладут специальный шар (пневмоподушку). В назначенное время шар начинает раздуваться до таких размеров, что «соне» ничего не остается, кроме как самому спрыгнуть с кровати или свалиться с нее. Работает это устройство с помощью компрессора, который накачивает в шар воздух. Временем включения компрессора управляет таймер.

По материалам <http://www.lifenews.ru/>

А вот был случай...

Однажды на горном серпантине в Таджикистане поймал я ЗИЛ-130. Водила вез прицепленный к кузову компрессор и непрерывно травил байки на тему, кто, как и где навернулся, и что с ним потом было со всеми натуралистическими подробностями. А я смотрел по сторонам и представлял, как и мы сейчас навернемся, и что с нами потом будет. Вдруг шофер заорал как резанный:

- Смотри, смотри – кто-то в пропасть сорвался! Вот урод!

Но тут он посмотрел в зеркало заднего вида, осекся и обреченно произнес:

- *** твою мать, да это же наш компрессор...

Вторую половину пути мы проехали в полном молчании.

По материалам <http://stories.live4fun.ru>

Грустная быль

Директор судоремонтного завода на производственном совещании: «Если коллектив компрессорной станции не закончит ремонт компрессора к постановке крейсера в док, то дуть в трубу в три смены будет весь коллектив компрессорной станции под личным руководством главного энергетика!»

- Всю прошлую ночь не мог уснуть - кто-то звал на помощь.

- Не обращай внимания - это налоги душили малый и средний бизнес с первого этажа...

Что общего между клиентами и женщинами?

Клиенты и женщины всегда говорят «нет».

Кого-то это останавливает. Кого-то нет...





Винтовые компрессоры FIAC

Лучшая цена в категории надежных Винтовых компрессоров



На компрессоры серии AIRBLOK и CRS 3 года гарантии

Появились вопросы? Нужна консультация?
Звоните: (495) 926-78-06

www.fiak.ru