**Системы подачи сжатого воздуха для организации респираторной защиты на производстве**

Законодательство требует от работодателей, чтобы рабочие, подверженные влиянию вредных веществ, находящихся во вдыхаемом воздухе, были обеспечены средствами респираторной защиты. Такие средства защиты должны давать адекватную очистку загрязненного воздуха и его дальнейшую бесперебойную подачу к органам дыхания.

Сжатый воздух, используемый в системах принудительной подачи воздуха, одно из распространенных средств обеспечения респираторной защиты работающих. Рабочее давление, воздушный поток и качество сжатого воздуха могут в большой степени влиять на работу систем принудительной подачи воздуха. Безопасность работающих с такими системами напрямую зависит от понимания ответственного персонала принципов работы каждого компонента, составляющего общую систему подачи воздуха и как они влияют на качество воздуха, подаваемого для дыхания.

Цель данной статьи – перечислить основные компоненты, составляющие типичную систему подачи воздуха, объяснить принципы их работы и влияние на качество исходящего воздуха.

В случае, если рабочие применяют системы принудительной подачи воздуха, работодатель обязан обеспечить, чтобы подаваемый воздух отвечал установленным санитарным нормам.

Содержание кислорода: 19,5 – 23,5

Содержание углеводородов (конденсированный): менее 5 мг/м3

Угарный газ: менее 10 миллионных долей

Углекислый газ: менее 1,000 миллионных долей

Запах: отсутствует

Точка росы: достаточно низкая для предотвращения конденсации и замерзания.

Системы подачи сжатого воздуха обычно состоят из следующих компонентов:

Воздушный компрессор, который обычно имеет послеохладитель для охлаждения горячего сжатого воздуха и механический сепаратор для разделения воздуха и влаги.

Систему очистки сжатого воздуха, которая может состоять из воздушного фильтра, осушителя воздуха и сорбентов для доочистки воздуха.

Системы распределения воздуха, в которою могут входить трубы, регуляторы давления, разветвители и респираторы для принудительной подачи воздуха.

Измерительные приборы для контроля уровня углекислого газа, точки росы, температуры воздуха и давления.

**Воздушный компрессор.**

Воздушный компрессор засасывает внутрь окружающий воздух и сжимает его для дальнейшего использования в рабочих процессах (например, в покраске, аэрации и т.п.) или в качестве привода для оборудования (для работы различного вида пневмооборудования). Существует три основных вида компрессоров: возвратно-поступательные (поршневые), ротационные винтовые и центробежные.

Любой вид компрессора может применяться для подачи воздуха, пригодного для дыхания. Компрессоры могут быть переносные или стационарные. Воздушные компрессоры, требующие масло для смазки внутренних частей, называются «масляными». «Безмасляные» компрессоры не используют масло для смазки внутренних частей, в рабочей («воздушной») зоне.

Выбор компрессора для обеспечения потребностей респираторной защиты.

Производительность компрессора определяется величиной выходного воздушного потока и величиной давления. Термин «объем атмосферного воздуха» иногда применяется для определения уровня производительности или размера компрессора. Более удобно подразделять компрессоры по величине воздушного потока, измеряемого в литрах в минуту (л/мин). Стандартный литр воздуха определяется при температуре 20`C, давлении 1 Бар и относительной влажности 36%.

При работе респираторных систем для расчета необходимого исходящего объема воздуха учитывается следующее:

Общее потребление воздушного потока всеми респираторными системами одновременно.

Достаточный дополнительный объем воздуха для компенсации циклов возврата в работе компрессора. Рекомендуется применять коэффициент Х 1,2.

Дополнительный запас воздуха для работы систем очистки (например, осушителя) – коэффициент Х 1,15.

Например, при работе трех систем 3М Вортекс для респираторной защиты и охлаждения подаваемого воздуха, каждая из систем может потреблять до 600 л/мин воздуха. Соответственно все три системы потребляют до 1800 л/мин воздуха. Используем рекомендованный коэффициент: 1800 л/мин Х 1,2 Х 1,15= 2484 л/мин. То есть, компрессор должен давать такой исходящий воздушный поток при уровне давления, необходимом для работы оборудования (в данном случае для 3М Вортекс – 3,5-6,0 Бар).

Кроме того, при определении необходимого выходного давления компрессора нужно учитывать следующее:

Максимальное разрешенное давление воздушного потока, подаваемого в респираторные системы – 8,5 Бар.

Исходящее давление компрессора должно быть достаточным для компенсации потерь при прохождении воздуха по трубопроводу. Кроме того, необходимо учитывать потери при прохождении воздуха через возможные фильтрующие или осушающие системы, расположенные на линии. Осаждение грязи в фильтрующих системах тоже должно быть учтено при расчете необходимой производительности компрессора. Для промышленного применения, система трубопроводов должна быть такой, чтобы перепад давления составлял от 0,01 до 0,02 Бар на каждые 3 погонных метра трубопровода.

Регуляторы давления используются для установки давления воздуха в пределах, рекомендуемых изготовителями респираторных систем.

Большое значение имеет место расположения компрессора и забор воздуха. Компрессор может забирать загрязненный воздух и подавать его в респираторные системы. Забор воздуха должен осуществляться в местах, удаленных от путей движения транспорта и промышленных выбросов. Основные загрязняющие вещества, которые могут присутствовать в сжатом воздухе, – это водяные пары, пыль, масло, пары углеводородов и угарный газ. Окружающий воздух может быть загрязнен и, даже «безмасляный» компрессор может подавать к респираторным системам масло и угарный газ.

**Послеохладитель – первая стадия обработки сжатого воздуха.**

В зависимости от типа компрессора температура исходящего воздуха может быть от 90 до 170`C. Сжатый воздух такой температуры нельзя применять для работы респираторных систем или пневмооборудования. Послеохладитель понижает температуру исходящего воздуха, обычно до 37`C и более. Есть два типа послеохладителей: воздушные и водяные. Воздушные послеохладители используют вентилятор для подачи воздуха к серии змеевиков, через которые проходит горячий сжатый воздух. Охлаждающий эффект воздушного послеохладителя зависит в большой степени от времени года и температуры окружающего воздуха. Работа водяного послеохладителя в меньшей степени зависит от окружающей температуры.

**Механический сепаратор – вторая стадия обработки сжатого воздуха.**

Во время охлаждения воздуха в послеохладителе происходит конденсация водяных паров, присутствующих в сжатом воздухе. Механический сепаратор обычно располагается непосредственно за послеохладителем и применяется для удаления конденсируемой влаги из сжатого воздуха. В механическом сепараторе создается центробежная сила, которая выталкивает капельки влаги к стенкам сосуда и затем она стекает вниз сепаратора. Сепараторы обычно имеют автоматические дренажные баки. Правильная работа дренажного бака имеет большое значение, так как механический сепаратор обычно удаляет до 99% влаги конденсируемой в послеохладителе.

**Фильтрация и доочистка воздуха – последняя стадия обработки воздуха.**

У типичного промышленного компрессора есть несколько фильтров, расположенных в точке забора воздуха и после механического сепаратора.

Для получения относительно чистого и сухого воздуха, часто применяется фильтрующая панель. В ее состав обычно входит механический сепаратор, коалесцирующий и угольный фильтры, регулятор давления и разветвитель. Фильтрующие панели обычно дешевле, чем полные очистители воздуха, содержащие кроме того осушители и катализаторы. Фильтрующие панели не удаляют угарный газ из подаваемого воздуха.

При использовании «масляных» компрессоров применяются коалесцирующие фильтры для удаления из сжатого воздуха твердые частички и капельки масла.

Для удаления ржавчины и крошечных частичек грязи применяются противоаэрозольные фильтры. Такие фильтры могут иметь индикаторы перепада давления, которые показывают, когда необходимо заменить фильтр.

Для удаления неприятных запахов применяются фильтры с активированным углем.

В фильтрующих системах могут применяться катализаторы, которые конвертируют угарный газ в углекислый газ. Эффективная работа катализатора зависит от степени сухости воздуха, поэтому вместе с катализатором необходимо использовать осушители воздуха.

**Осушение сжатого воздуха.**

Механические сепараторы с дренажными баками могут удалять до 75% всей влаги, находящейся в сжатом воздухе на всех участках его прохождения. Чтобы все оборудование работало нормально, необходимо осушать воздух еще в большей степени. Осушители воздуха оцениваются по точке росы. Точка росы – это температура, при которой водяные пары в сжатом воздухе начинают конденсироваться. Осушители создают существенную разницу между точкой росы сжатого воздуха и температурой сжатого воздуха. Чем больше эта разница, тем меньше вероятность пагубного воздействия влаги на всю систему. После того, как воздух выходит из послеохладителя с температурой около 37`C, дальнейшая конденсация воздуха не происходит, если температура воздуха не станет ниже точки росы осушителя.

Существует много видов осушителей. Наиболее часто применяются осушители охлаждающего и регенеративного сиккативного типов. Сиккативный осушитель потребляет до 15% от общего воздушного потока и это необходимо учитывать при расчете необходимой производительности компрессора.

Как сделать осушенный воздух пригодным для дыхания?

Так как воздух после осушителя выходит очень сухим, некоторые системы подачи воздуха включают увлажнители воздуха, размещаемые после катализаторов и перед респираторными системами. Такие увлажнители требуют постоянного обслуживания.

**Система распределения воздуха.**

Для изготовления трубопроводов чаще применяются чистая углеродистая сталь, медь или нержавеющая сталь. Длина трубопровода может варьироваться по необходимости, учитывая при этом требования касательно минимального входного давления респираторных систем. Выходное давление компрессора должно быть достаточным, чтобы компенсировать потери при прохождении воздуха по трубопроводу. Диаметр трубопровода должен быть таким, чтобы обеспечить необходимую величину воздушного потока. Малый диаметр плюс грязь и влага, забивающие фильтрующие элементы уменьшают воздушный поток и уменьшают давление воздуха на входе респираторных систем. Длина шланга самой респираторной системы ограничивается 30 метрами.

**Подключение к системе подачи сжатого воздуха.**

На предприятиях, где кроме трубопроводов подачи сжатого воздуха могут существовать другие трубопроводы, очень важно убедиться, чтобы пользователи респираторных систем защиты имели уникальные разъемы, которые позволят им подключаться только к системам подачи сжатого воздуха, пригодного для дыхания.

**Мониторы и сигнализация.**

Рекомендуется применять мониторы для постоянного контроля воздуха (угарный газ, углекислый газ, точка росы, температура, давление, кислород). Для повышения уровня безопасности, мониторы сопровождаются сигнализацией для своевременного реагирования на изменение качества воздуха.

**Заключение.**

Система подачи сжатого воздуха содержит много сложных элементов, от которых зависит качество воздуха, подаваемого для респираторной защиты персонала. Обслуживающий персонал должен понимать важность своевременного контроля и обслуживания (с обязательной регистрацией) всех элементов такой системы.