

Спираскоп

01/2017

ТЕМА НОМЕРА

Построение пароконденсатной системы

Особенности работы
жаротрубных котлов
на малых нагрузках

Студент выиграл
поездку в Англию



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Работая на ежедневной основе с глобальными компаниями и прислушиваясь к пожеланиям, мы обнаружили их стремление не только к развитию и инновациям, но и к постоянному возврату к основам. Компании обращаются к нам как к эксперту, который может наладить ежедневную работу пароконденсатной системы предприятия на базовом уровне и контролировать неизменную точность процессов.

В полученных письмах от читателей журнала эта тенденция также находит отражение. По этим причинам первый выпуск года мы посвятили базовым вопросам организации пароконденсатных систем предприятия. Как говорится, повторение – мать учения.

Искренне надеюсь, что этот выпуск журнала будет Вам полезен, напомнит подзабытое или позволит Вам твердо убедиться, что Ваши знания о пароконденсатных системах на высоте!

С уважением,
Глыбин Илья Гергиевич
Генеральный директор
ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг»

Содержание



Открыта запись на обучающие семинары Spirax Sarco в 2017 году



Продукция Spirax Sarco — номинант премии «Промышленное оборудование. Продукт года 2016»



Путешествие победителя Spirax Student Competition в Великобританию



Узкие места в организации паропроводов



Подбор редукционного клапана



Особенности работы жаротрубных котлов на малых нагрузках

Новости



ОТКРЫТА ЗАПИСЬ НА ОБУЧАЮЩИЕ СЕМИНАРЫ SPIRAX SARCO В 2017 ГОДУ

Приглашаем сотрудников проектных организаций и специалистов, чья работа связана с проектированием и монтажом пароконденсатных систем, посетить обучающие семинары. Мы рассматриваем основы организации и проектирования пароконденсатных систем предприятий, а также освещаем широкий круг тем, связанных с промышленным применением водяного пара.

В 2017 году семинары пройдут в девяти крупных городах России. Ознакомиться с полным списком городов и заполнить заявку на участие можно на нашем сайте.

[Перейти на страницу семинаров](#)

ПРОДУКЦИЯ SPIRAX SARCO — НОМИНАНТ ПРЕМИИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОДУКТ ГОДА 2016»

Магистральный соединитель для конденсатоотводчиков РС4000 — финалист премии «Промышленное оборудование. Продукт года 2016» в категории «Управление энергией».



РС4000 был разработан для сокращения времени на монтаж и обслуживание конденсатоотводчиков. Продукт позволяет проводить замену конденсатоотводчиков без остановки производства.

Подробная информация доступна на сайте

[Перейти на страницу продукта](#)

Победители премии будут объявлены 4 апреля.



ПРИМЕНЕНИЕ ПАРА В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. ОБУЧАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ УЖЕ НА НАШЕМ САЙТЕ И У ВАШЕГО ИНЖЕНЕРА ПО ПРОДАЖАМ

Для вашего удобства мы собрали на нашем сайте информацию о возможностях пароконденсатных систем с учетом особенностей молочной промышленности. Брошюры по технологическим процессам, примеры из международного опыта, а также интервью глобальных компаний — участников рынка теперь в разделе «Молочная промышленность».

[Перейти на страницу «Молочная промышленность»](#)

Печатную версию брошюр, посвященных пастеризации и УНТ, вы можете заказать, заполнив форму на последней странице журнала.



Сергей Соболев, победитель конкурса Spirax Student Competition 2016



Штаб-квартира компании Spirax Sarco, г. Челтенхем



Помещение для тестирования продукции



ПУТЕШЕСТВИЕ ПОБЕДИТЕЛЯ SPIRAX STUDENT COMPETITION В ВЕЛИКОБРИТАНИЮ

Я выиграл конкурс Spirax Sarco Competition для студентов-энергетиков в конце лета, и вот по окончании периода ожидания в предвкушении получения приза, после решения организационных вопросов, наступил день моего путешествия в Англию.

Мое пребывание в Великобритании было спланировано заранее: из трех дней путешествия первый день должен был пройти в городе Челтенхем, остальные в Лондоне.

Прибыв в Челтенхем вечером и заселившись в гостиницу, я не мог дождаться следующего дня. Мне предстояло не только посетить офис компании, но и отправиться на производство, откуда готовое оборудование поступает клиентам по всему миру.

Моим наставником был инженер компании Тоби Кокер, который провел экскурсию по производству и рассказал о процессе создания новых продуктов. Завод выпускает различные конденсатоотводчики, редуцирующие клапаны, запорную арматуру, расходомеры и многое другое. Процесс производства состоит из нескольких основных этапов: обработки заготовок, выпуска комплектующих, сборки изделий и их испытаний. Интересно отметить, что испытания и тесты проходит каждая единица выпускаемого оборудования, и все эти операции полностью автоматизированы и проходят без участия человека.

На производстве большое внимание уделяют нормативным требованиям и стандартам. Например, при создании нового оборудования его проверка и испытания могут проводиться в течение нескольких лет! Это гарантирует, что потребителю попадет только супер надежное оборудование, прошедшее длительное тестирование в самых жестких условиях. Для этого на территории завода расположена котельная, которая производит пар разных параметров специально для нужд центра разработки и тестирования продукции.

Следующие два дня я провел в Лондоне. Гулял по городу и не верил своим глазам: Биг-Бен, Букингемский дворец, в котором прямо сейчас находится королева, Тауэр, Британский музей. Не на картинках и фотографиях, а прямо сейчас передо мной.

Не обошлось и без казусов: одно из самых больших колес обозрения в мире London Eye было закрыто на годовой ремонт и открывалось для посетителей только в день моего отлета. Зато будет стимул вернуться сюда уже в самостоятельном путешествии. Эта поездка была похожа для меня на сказку. Воспоминаний и эмоций хватит надолго. Я никогда не мечтал, что когда-нибудь попаду за границу, выиграв конкурс. Спасибо Spirax Sarco за организацию моего путешествия!

Башня Елизаветы, Вестминстерский дворец, Лондон





**Сычев
Александр Викторович**

*Инженер по продажам,
г. Екатеринбург
ООО «Спиракс-Сарко
Инжиниринг»*

Узкие места в организации паропроводов

Система парораспределения на предприятии, основной функцией которой является доставка пара от централизованного источника ко всем потребителям, является наиболее важной частью более глобальной пароконденсатной системы (ПКС). От того, как спроектирована, смонтирована и эксплуатируется система парораспределения, включающая в себя всю сеть магистральных и локальных паропроводов, компенсаторы тепловых расширений, коллекторы пара, элементы прокладки и крепления паропроводов, а также запорную, регулирующую и предохранительную арматуру, зачастую зависит работоспособность предприятия в целом.

Что происходит при транспортировке пара по трубопроводам? Прежде всего надо понимать, что по мере движения по трубам часть пара конденсируется за счет потерь тепла в окружающую среду. Процесс конденсации пара в трубопроводах происходит постоянно, поэтому крайне важно обеспечить отвод образовавшегося конденсата во избежание целого ряда проблем, которые будут рассмотрены ниже.

Также при движении пара в трубах происходит неизбежная потеря давления из-за трения о стенки труб и конденсации. На протяженных участках потери давления могут быть существенными и, в случае некорректного выбора диаметра паропровода, есть риск не обеспечить потребителю необходимое давление и требуемое количество пара.

Рабочее давление

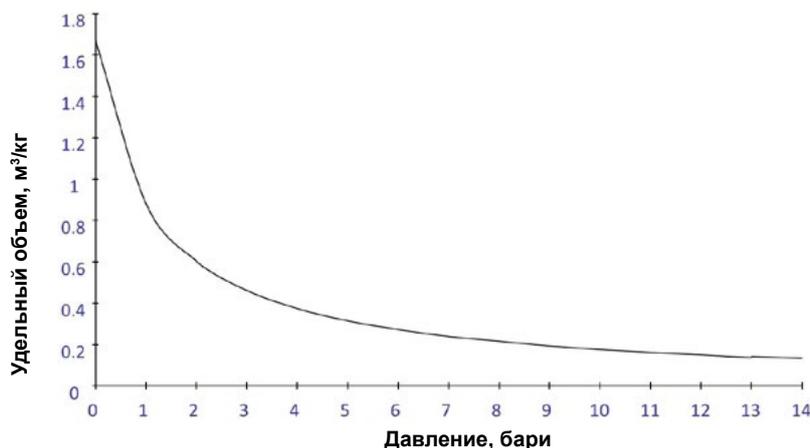
Давление, при котором пар распределяется по паропроводам, зависит от многих факторов. Прежде всего давление ограничено следующим:

- максимальным безопасным рабочим давлением котла;
- минимальным необходимым давлением для нормальной работы потребителя пара.

По мере того как пар идет по паропроводам, его давление неизбежно падает. Таким образом, определяя начальное давление пара, необходимо делать допуск на эти потери.

Кроме этого надо помнить, что пар при более высоком давлении занимает меньший объем, чем при низком. Значит, если пар вырабатывается в котле и распределяется при высоком давлении, диаметр паропроводов будет меньше, чем в системе с более низким давлением пара при необходимости пропустить такое же количество пара. Это хорошо видно из рис. 1.

Рис. 1. Зависимость удельного объема пара от давления.



Выработка и распределение пара при более высоком давлении дает три важных преимущества:

- повышается теплоаккумулирующая способность котла, что дает возможность эффективнее справляться с резкими колебаниями нагрузки и свести к минимуму вероятность выработки влажного и грязного пара;
- можно использовать паропроводы меньшего диаметра, что приводит к снижению капитальных затрат на такие компоненты, как трубы, фланцы, опоры, а также к снижению трудовых затрат;
- теплоизоляция паропроводов меньшего диаметра обходится дешевле.

Понятно, что при выработке и распределении пара высокого давления его придется снижать до требуемого перед каждым конкретным потребителем. Это также дает свои преимущества, так как потребители могут работать на различных давлениях. Также положительными моментами при снижении давления пара в месте его использования являются эффект осушки пара при его редуцировании, большая энтальпия парообразования и меньшее количество пара вторичного вскипания, образующееся за конденсатоотводчиками.

Определение диаметра паропровода

Как уже было сказано выше, задача системы распределения пара заключается в подаче потребителю пара требуемого давления и в необходимом количестве. Поэтому необходимо учитывать падение давления пара, которое происходит при его движении по паропроводу. Обычно при определении необходимого диаметра паропровода пользуются одним из двух методов: метод скоростей (для паропроводов длиной до 50 м) и метод падения давления.

Метод скоростей (для паропроводов длиной до 50 м)

Расчет по этому методу позволяет определить объем пара, который может пропустить паропровод заданного сечения при допустимой скорости пара. Для сухого насыщенного пара максимально допустимая скорость ограничивается значением 40 м/с, а рекомендуемой оптимальной является скорость 25 м/с. При скоростях более 40 м/с значительно возрастает эрозионный износ трубопроводов и арматуры, а также уровень шума может превысить допустимые значения. Эти проблемы тем ощутимее, чем выше влажность пара. На некоторых участках паропроводов расчетная скорость пара может быть принята равной 10–15 м/с, а еще меньшие скорости пара рассматривать в качестве расчетных не рекомендуется.

Метод падения давления

Этот метод используется, когда определяющим фактором является давление у потребителя, также для трубопроводов длиной более 50 м. Данными для расчета являются давление пара, расход пара, диаметр трубопровода, а также допустимые потери давления по длине трубопровода. Как правило, падение давления не должно в нормальных условиях превышать 0,1 бара на 50 м длины трубопровода. Существуют различные номограммы, а также расчетные программы, позволяющие легко и просто определять необходимые диаметры трубопроводов данным методом.

Последствия неверно выбранного диаметра паропроводов

Если выбрать паропровод слишком большого диаметра:

- стоимость труб, арматуры, теплоизоляции и т.д. будет гораздо больше, чем могла бы быть;
- стоимость монтажа (включая монтаж опор под трубопроводы, теплоизоляционные работы и т.д.) также будет гораздо выше;
- в паропроводах большего диаметра, чем требуется, из-за интенсивных потерь тепла в окружающую среду будет образовываться гораздо больше конденсата.

Практический пример

- Как показывает практика, стоимость монтажа трубопровода DN80 на 44% выше, чем стоимость монтажа трубопровода DN50.
- Потери тепла от теплоизолированной трубы DN80 примерно на 21% выше, чем от теплоизолированной трубы DN50. Потери от неизолированной арматуры DN80 на 50% больше, чем от такой же арматуры DN50 (из-за большей площади поверхности).

Если выбран паропровод слишком малого диаметра:

- давление пара в месте его использования может оказаться слишком низким, что способно привести к тому, что паропотребляющее оборудование не выйдет на расчетный режим работы;
- существует опасность нехватки пара в результате чрезмерного падения давления;
- существует большой риск эрозии, гидравлических ударов и шума из-за того, что скорость движения пара будет очень высокой.

Дренаж паропроводов

Во время работы паропровода от него в окружающую среду теряется тепло, количество которого зависит от многих факторов. В паровых системах потеря тепла в окружающую среду означает неэффективную работу системы, поэтому для снижения этих потерь паропроводы покрываются теплоизоляцией. Вне зависимости от качества и/или толщины изоляции некоторые потери тепла будут присутствовать всегда. Это приводит к тому, что внутри паропровода часть пара будет конденсироваться. Если конденсат не удалять, это будет приводить к коррозии и эрозии трубопроводов и арматуры, а также гидравлическим ударам.

Прокладка паропроводов

Везде, где это возможно, трубопровод должен идти с уклоном не менее 1:100 (1 м снижения на каждые 100 м длины) в направлении потока пара. Благодаря такому уклону сила гравитации совместно с потоком пара будет помогать удалять конденсат, двигая его к местам дренажа, где конденсат можно безопасно и эффективно удалить.

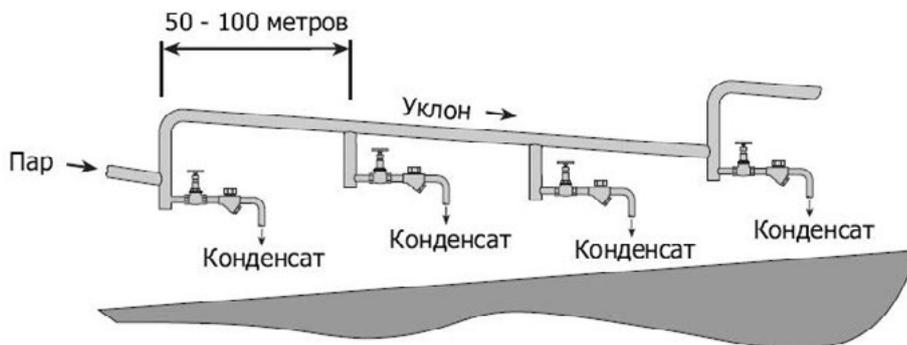


Рис. 2. Рекомендуемая схема прокладки паропровода.

Места удаления конденсата

Место удаления конденсата должно быть организовано таким образом, чтобы конденсат стекал в нижнюю точку и далее поступал к конденсатоотводчику. Необходимо тщательно продумать конструкцию и расположение мест дренажа.

Нужно также учитывать, что после выключения оборудования и прекращения движения пара в трубопроводе может остаться конденсат. Под действием гравитации он будет стекать по наклонным трубам и собираться в нижних точках. Таким образом, именно в таких местах должны быть организованы дренажные карманы и расположены конденсатоотводчики.

Количество конденсата, образующегося в паропроводе большого диаметра во время пуска системы, может быть довольно велико, поэтому места дренажа должны располагаться на расстоянии 30–50 м друг от друга, а также в естественных нижних точках системы, например, перед подъемами паропровода.

Линия отвода конденсата должна находиться в 25–30 мм от дна кармана (в паропроводах длиной до 100 м) или в 50 мм (в более длинных паропроводах). Таким образом, на дне кармана будет место для скапливания грязи, накипи и других отложений.

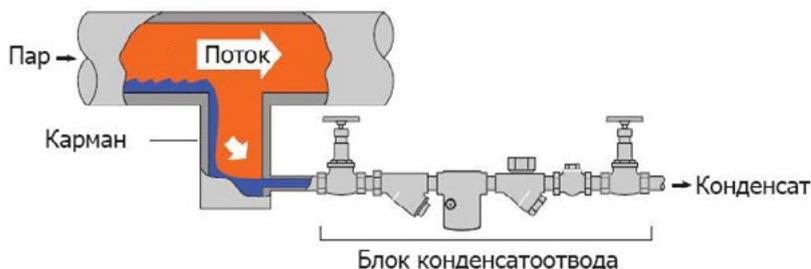


Рис. 3. Типичный дренажный карман.

Рекомендуемые размеры дренажных карманов

Диаметр паропровода — D	Диаметр кармана — d1	Высота кармана — d2
До 100 мм	$d1 = D$	Минимальная $d2 = 100$ мм
125–200 мм	$d1 = 100$ мм	Минимальная $d2 = 150$ мм
250 мм и более	$d1 \geq D/2$	Минимальная $d2 = D$

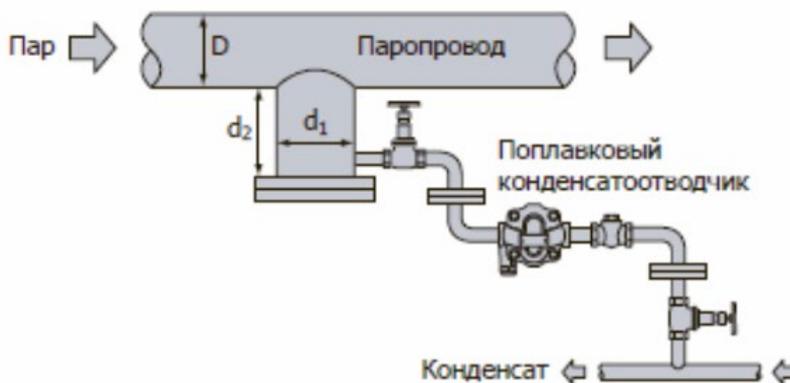


Рис. 4. Рекомендуемые размеры дренажного кармана.

Гидравлический удар и его результаты

Гидравлический удар проявляется в виде сильного стука, когда конденсатная пробка, летящая по трубопроводу с большой скоростью, сталкивается с элементом трубопровода, арматурой, паропотребляющим оборудованием или другими компонентами системы. Результатом такого столкновения будет следующее:

- вода имеет большую плотность и несжимаема, поэтому не возникает эффекта амортизации, как в случаях, когда на своем пути встречает препятствие газ;
- содержащаяся в воде энергия передается препятствию, с которым произошло столкновение, например, запорному или регулирующему клапану.

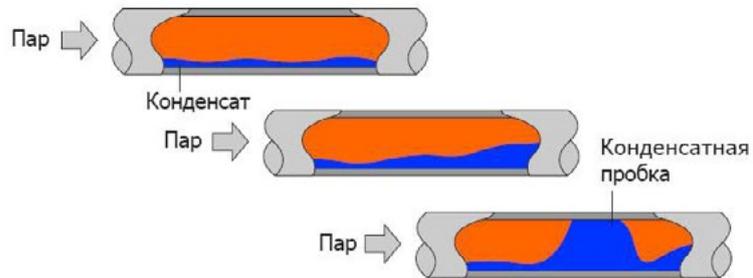


Рис. 5. Образование конденсатной пробки.

В самых серьезных случаях гидравлический удар может привести к разрыву трубопровода, что выглядит почти как взрыв. В месте разрыва начинается утечка пара, и это может стать причиной очень опасной ситуации.

Надежная конструкция трубопроводной системы, правильный монтаж и обслуживание позволяют избегать гидравлических ударов. Это гораздо проще, чем пытаться уменьшить последствия гидравлического удара, выбирая соответствующие материалы для труб и арматуры, а также оборудование на заведомо завышенное давление.

Нередко гидравлические удары возникают в низких точках трубопроводов. Такие места возникают в результате:

- провисания линий, например, из-за отсутствия опор или их неправильного расположения;
- использования концентрических переходов (на паропроводах рекомендуется использовать эксцентрические переходы);
- неправильной установки фильтров (фильтр нужно устанавливать так, чтобы сетка располагалась в горизонтальной плоскости);
- неправильного дренажа паропроводов;
- неправильной работы системы, например, слишком быстрого открытия запорного клапана при запуске, когда трубы еще холодные.

В целом вероятность гидравлического удара сводится к минимуму при помощи:

- прокладки паропроводов с уклоном в сторону движения потока пара (в низких точках паропроводов должны быть предусмотрены устройства для дренажа конденсата);
- установки обратных клапанов после всех конденсатоотводчиков в случае, если конденсат отводится в напорную конденсатную магистраль (в противном случае при выключении паровой линии конденсат может обратным током заполнить паропровод или паропотребляющее оборудование);
- медленного открытия запорных клапанов, чтобы конденсат, который мог остаться в системе после ее выключения, был медленно удален через конденсатоотводчики до того, как его захватит с собой пар, движущийся с высокой скоростью, это особенно важно при запуске паропровода.

Организация отводных линий

Отводная линия должна отходить от верхней части главного паропровода, что позволит получить в ней достаточно сухой пар. Если отвод сделан сбоку или, что еще хуже, от нижней части основного паропровода, то в отводимый через него пар может попасть конденсат и грязь. В результате на оборудование будет поступать влажный или грязный пар, что плохо повлияет на рабочие характеристики и срок эксплуатации оборудования.

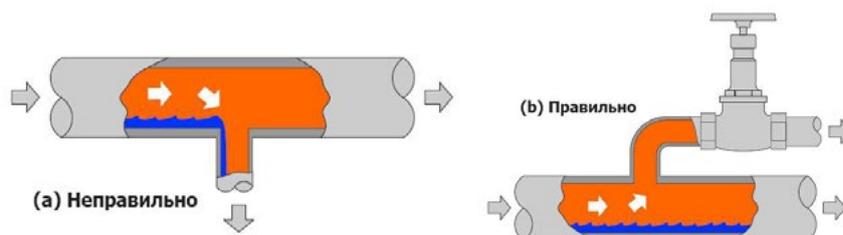


Рис. 6. Организация отводов от распределительных паропроводов.

Опуски паровых линий

В отводных линиях также встречаются низкие точки. Опуск паровой линии необходимо организовать как можно ближе к запорному и/или регулирующему клапану (рис. 7). Конденсат может заполнить опуск, скопившись до закрытого клапана, а при его открытии мгновенно будет захвачен и унесен паром, вызвав гидроудар. Следовательно, конденсатоотводчик рекомендуется устанавливать так, чтобы вертикальная линия опуска всегда осушалась.

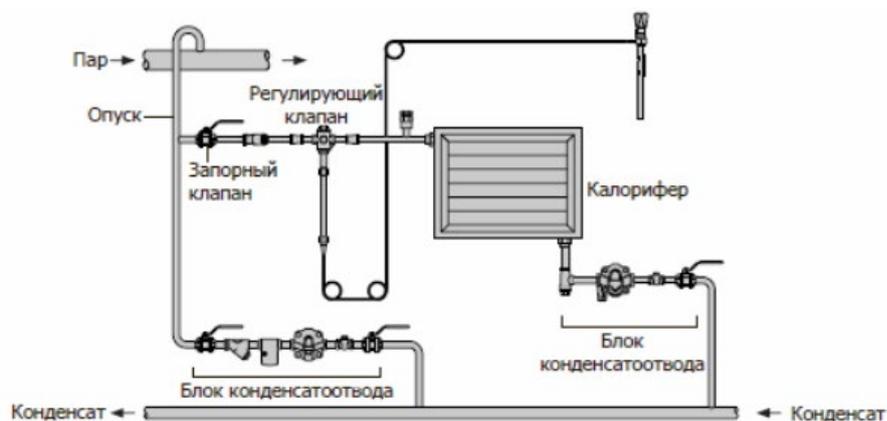


Рис. 7. Организация опуска паровой линии.

Выводы

При проектировании и монтаже паропроводов рекомендуется соблюдать следующие правила:

- паропроводы должны иметь уклон в направлении потока пара не менее, чем на 100 мм на каждые 10 м трубы (1:100); поднимающиеся в направлении потока паропроводы должны иметь обратный уклон не менее 250 мм на каждые 10 м трубы (1:40);
- точки дренажа конденсата из паропровода должны располагаться регулярно, не более, чем в 50 м друг от друга, в самых низких точках;
- в случаях, когда конденсат нужно отводить от прямых участков трубы, для его сбора нужно использовать карманы соответствующего диаметра;
- все фильтры на паропроводах должны быть смонтированы так, чтобы их сетка располагалась в горизонтальной плоскости;
- отборы от основных паропроводов всегда должны отходить от верхней части трубопровода так, чтобы в отводную трубу попадал сухой чистый пар;
- на вводах паропроводов в цеха и другие здания, а также перед каждым элементом оборудования, потребляющего пар, рекомендуется устанавливать сепараторы, они нужны для того, чтобы на оборудование поступал сухой пар;
- выбираемые для дренажа паропроводов конденсатоотводчики должны быть стойкими к вибрации, гидроударам и замерзанию.



**Шипоров
Михаил Васильевич**

*Инженер по продажам,
г. Санкт-Петербург,
ООО «Спиракс-Сарко
Инжиниринг»*

Подбор редукционного клапана

Для обеспечения корректного режима работы паропотребляющего оборудования пар к потребителю должен поступать в требуемом количестве и с необходимыми для процесса параметрами. Часто на производстве давление пара в системе парораспределения выше, чем необходимо на том или ином потребителе, это связано с тем, что пар распределяется при высоком давлении (10–15 бар), а большинство потребителей используют пар более низкого давления.

Для обеспечения требуемых параметров пара применяются редукционные клапаны, позволяющие поддерживать необходимое давление пара до или после себя. От грамотного выбора и установки редукционных клапанов зависит производительность и стабильность работы паропотребляющего оборудования.

Большинство существующих редукционных клапанов можно разделить на три основные группы.

1. Клапаны прямого действия сильфонного типа (BRV). Такие клапаны идеально подходят для большого количества простых применений, в которых не очень важен точный контроль давления, а расход пара невелик и сравнительно постояен. Типичными представителями таких клапанов являются клапаны серий BRV2, BRV71/73 и SRV2.



2. Клапаны прямого действия диафрагменного типа (DRV). Имеют более высокую пропускную способность и предназначены для установки на магистральных паропроводах, снабжающих крупных потребителей или даже группы потребителей. Их отличие от клапанов сильфонного типа заключается в том, что давление среды за клапаном действует на шток клапана посредством диафрагменного привода, а не сильфона. Выпускаются редукционные клапаны серий DRV4, DRV7, DLV7, а также созданные на их основе перепускные клапаны DEP4 и DEP7.



3. Клапаны прямого действия с пилотным управлением (DP). В случаях, когда требуется точный контроль давления, можно использовать редукционные клапаны с пилотным управлением. Такие клапаны обычно имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с клапанами прямого действия диафрагменного типа с идентичными характеристиками пропускной способности. Редукционные клапаны с пилотным управлением обычно имеют меньшие габаритные размеры, по сравнению с клапанами прямого действия диафрагменного типа, имеющими такую же пропускную способность. Необходимо отметить, что обладающие уникальными свойствами с точки зрения точности поддержания давления эти клапаны чувствительны к качеству пара, поэтому одним из условий их стабильной и надежной работы является установка перед ними сепаратора пара и фильтра-грязевика с мелкой сеткой.



Упомянутые типы клапанов имеют чрезвычайно надежную конструкцию, способную выдерживать высокие температуры и давления, а также просты и удобны при монтаже и обслуживании.

Выбор типа редукционного клапана зависит от большого числа факторов, таких как пропускная способность клапана, необходимая точность поддержания давления, качество пара, условия в которых будет эксплуатироваться клапан и т.д. (Рис. 1).

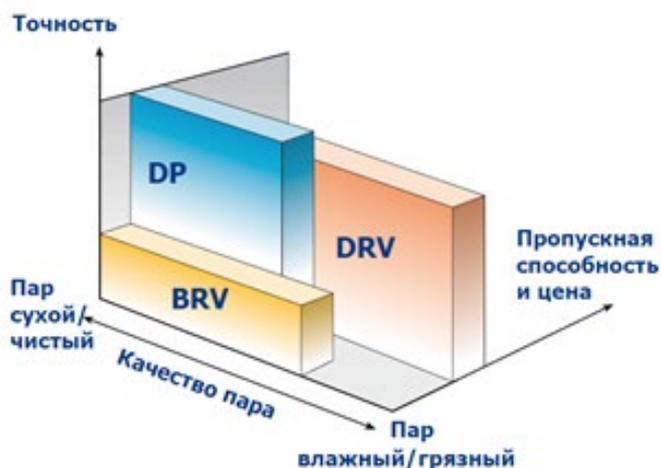


Рис. 1. Выбор типа редукционного клапана.

Чтобы обеспечить необходимый для потребителя расход пара, редукционный клапан должен обладать соответствующей пропускной способностью. Пропускная способность клапана численно характеризуется коэффициентом пропускной способности K_v . Коэффициент K_v равен расходу среды через клапан при перепаде давления на нем на 1 бар. В техническом описании каждого клапана в обязательном порядке есть информация о максимальном коэффициенте пропускной способности этого клапана (K_{vs}).

Определить необходимую пропускную способность редукционного клапана можно с помощью номограмм пропускной способности для насыщенного пара или воспользоваться расчетной формулой. Коэффициент пропускной способности для насыщенного пара рассчитывается в зависимости от перепада давления на клапане.

Для докритического перепада ($\Delta p \leq p_{1/2}$)

$$Kv = \frac{G}{461} \cdot \sqrt{\frac{t_1 + 273}{\Delta p \cdot p_2}}$$

Для критического перепада ($\Delta p > p_{1/2}$)

$$Kv = \frac{G}{230 \cdot p_1} \cdot \sqrt{t_1 + 273}$$

где, G — массовый расход пара, кг/ч.
 $P1$ — давление перед клапаном, бар абс.
 $P2$ — давление перед клапаном, бар абс.
 ΔP — перепад давления на клапане, бар.
 $t1$ — температура пара на входе в клапан, °C.

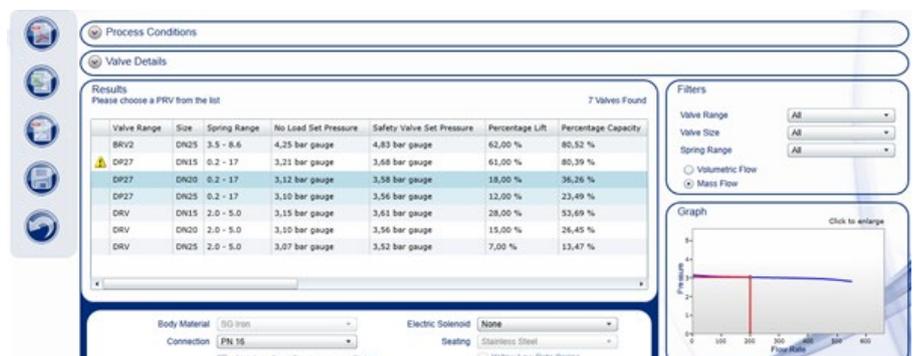
После определения требуемой пропускной способности необходимо выбрать наиболее подходящий тип редукционного клапана с ближайшим большим значением Kvs. Пропускная способность клапана зависит от его условного диаметра DN, но в ряде случаев она может быть выбрана независимо от DN. Далее в зависимости от применения следует выбрать тип соединения и материал выполнения клапана, а также различные дополнительные опции, которыми может быть оснащен клапан.

Наиболее удобным инструментом для расчета и выбора редукционного клапана является специализированное программное обеспечение Product Sizing Suite компании Spirax Sarco. С помощью этой программы можно легко подобрать редукционный клапан для воды, газов и пара, задав значения необходимого перепада давления и требуемого расхода среды, для которой подбирается клапан.



Программа Product Sizing Suite не только позволяет подобрать клапан по исходным данным, но и получить информацию о режимах работы выбранного оборудования при переменных нагрузках. Кроме этого программа рассчитывает такой параметр, как уровень шума, возникающий при работе клапана, а также позволяет получить подробную техническую информацию о выбранном редукционном клапане.

Воспользоваться этим приложением можно на сайте компании Spirax Sarco <http://www.spiraxsarco.com/global/ru/Resources/Pages/home.aspx> в разделе «Программы для выбора оборудования», пройдя предварительную регистрацию.



Если у вас возникнут трудности с расчетом и подбором редукционного клапана, Вы всегда можете обратиться к инженерам ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг», и мы поможем Вам подобрать редукционный клапан, который лучше всего подойдет для Вашего конкретного применения.



**Соловьев
Сергей Анатольевич**

*Инженер по промышленному
сервису Viessmann*

Особенности работы жаротрубных котлов на малых нагрузках

Как на этапе проектирования котельной, так и уже во время эксплуатации часто возникает вопрос, как будут себя вести паровые котлы при малых нагрузках. Для того чтобы появилась ясность в этом вопросе, нужно посмотреть на ситуацию с разных сторон. С точки зрения отбора пара для жаротрубных котлов никаких ограничений, связанных с работой на малых нагрузках, нет. По большому счету, все ограничения сводятся к работе горелки и связки «горелка — котел — дымоход».

Хотя современные модулируемые горелки и позволяют получить очень широкий диапазон регулирования (от 20% до 100%), далеко не всегда этот потенциал можно реализовать. Часто сдерживающим фактором для увеличения диапазона регулирования является температура уходящих газов. Исходя из практики, для предотвращения повреждений, вызванных выпадением конденсата на теплообменных поверхностях, желательно держать температуру уходящих газов не ниже 120°C. Это значение зависит от двух параметров: температуры воды в котле и мощности горелки. Во время работы парового котла температура воды в его корпусе превышает 100°C, поэтому даже на минимальной мощности горелки с таким ограничением, скорее всего, столкнуться не придется.

Ситуация кардинально меняется при использовании экономайзера. Современные экономайзеры позволяют очень эффективно понижать температуру уходящих газов. С одной стороны, это дает ощутимую прибавку к КПД установки, а с другой — при частичных нагрузках на теплообменных поверхностях экономайзера, контактирующих с уходящими газами, начинает выпадать конденсат. Такая ситуация может встречаться, даже когда давление в котле находится в пределах допустимых значений. При наличии экономайзера редко удастся настроить работу горелки для работы на мощности менее 40%.

Следующее, что необходимо рассмотреть, это минимальное время работы горелки. Рекомендуемым значением минимального времени работы горелки является 8 минут. За это время гарантированно прогреваются все теплообменные поверхности и дымоход успевает выйти на расчетный режим. При работе горелки менее 6 минут дымоход не успевает прогреться и необходимо предусмотреть меры, чтобы конденсат из дымоходов не попал в экономайзер или котел. Возможность более короткой работы горелки определяется только по результатам фактических испытаний котла и, как правило, составляет не менее 4 минут.

Пример

Необходимо найти, сколько времени будет работать горелка для того, чтобы поднять давление на 1 бар при закрытой паровой задвижке. Рассмотрим котел Vitomax HS M73B паропроизводительностью 2 т/ч. Номинальная мощность горелки для данного котла составляет 1364 кВт. При настройке минимальной мощности горелки в 40% получаем:

$$1364 \times 0,4 = 545,6 \text{ кВт}$$

Система регулирования поддерживает давление в котле равным 4,5 бар абс., при этом горелка запускается при падении давления до 4 бар и останавливается при достижении давлением значения 5 бар абс.

В отсутствие потребления пара тепловая энергия будет затрачиваться на нагрев воды в котле.



* Температура насыщения воды при давлении 4 бар абс. = 143,76°C;

* удельная энтальпия воды при давлении 4 бар абс. = 605,45 кДж/кг;

* температура насыщения воды при давлении 5 бар абс. = 151,97°C;

* удельная энтальпия воды при давлении 4 бар абс. = 640,85 кДж/кг.

Получается, что при изменении давления в паровом котле с 4 бар абс. до 5 бар абс. температура воды меняется на

$$151,97 - 143,76 = 8,21^{\circ}\text{C},$$

а энтальпия на

$$640,85 - 605,45 = 35,40 \text{ кДж/кг.}$$

Объем воды в котле Vitomax HS M73B составляет 4,48 м³ (уровень посередине между отметками NW и HW на водомерном стекле). Соответственно, чтобы вода в котле нагрелась, ей нужно передать следующее количество тепла:

$$4480 \times 35,4 = 158\,592 \text{ кДж.}$$

Найдем, сколько требуется времени горелке, работающей на мощности 40% от номинальной, для того чтобы нагреть воду.

Горелка при мощности 545,6 кВт за один час подводит к котлу

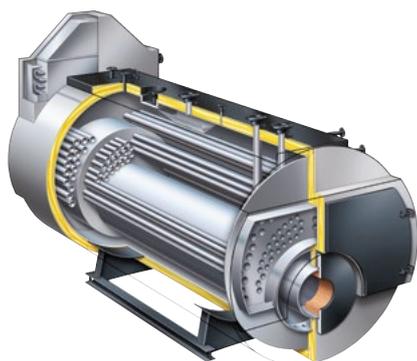
$$545,6 \times 3600 = 1\,964\,160 \text{ кДж.}$$

Соответственно, время работы горелки составит:

$$(158\,592 / 1\,964\,160) \times 60 = 4,85 \text{ минуты.}$$

Это теоретическая цифра. В реальности нагрев займет немного больше времени, поскольку при расчете не были учтены теплоемкость металла котла (что добавляет к времени работы горелки примерно 10%), теплотери через теплоизоляцию (менее 1%), процесс испарения и теплоемкость пара в паровом пространстве котла (испаряется всего 340 г, в паровом пространстве находится 1,1 кг пара при объеме парового пространства в 0,51 м³), а также потери, связанные с предварительной вентиляцией топки перед пуском. Если учесть все факторы, то окажется, что ориентировочное время работы горелки составит 5–6 минут. Это хороший показатель, а при наличии потребления пара цифра будет больше. Для того чтобы получить идеальный результат (8 минут), нужно либо обеспечить потребление пара, либо увеличить гистерезис включения-выключения горелки.

В данном случае, когда рассматривается система котел-горелка, нормальная работоспособность может быть обеспечена во всем диапазоне паропроизводительности от 0 до 2000 кг/ч. Кроме этого, ситуацию можно улучшить за счет увеличения гистерезиса включения-выключения горелки.

VIESSMANN

Если режим эксплуатации котла предусматривает возможность работы на малых нагрузках, необходимо очень внимательно относиться к выбору оборудования. Приводим несколько рекомендаций, которые помогут решить эту задачу.

1. Следует выбирать котел с как можно большим объемом воды.
2. Следует выбирать котел с достаточным запасом по давлению, чтобы при необходимости можно было увеличить гистерезис включения-выключения горелки.
3. Если потребители пара критичны к колебаниям давления, рекомендуется снижать давление или на выходе из котла, или на общем коллекторе, или непосредственно перед потребителями.
4. Необходимо проверить температурный режим работы дымохода на частичных нагрузках. Результатом такой проверки может быть, например, необходимость улучшения теплоизоляции.

Письмо в редакцию!

Пошлите письмо в редакцию журнала, и получите подарок.

Условия получения подарка: заполнены все поля и дан правильный ответ на техническую задачу.



Ф.И.О.: _____

Телефон: _____

Почтовый адрес _____

Название предприятия: _____

1. Проголосуйте за лучшую, по Вашему мнению, статью этого номера:

2. О какой теме Вы бы хотели прочесть в нашем следующем выпуске?

3. 3. В помещении необходимо поддерживать температуру 19°C. Тепловые потери составляют 2442 Вт.



Система водяного отопления имеет температуру 80°C на входе и 68°C на выходе. В помещении предполагается использовать батарею с теплоотдачей 407 Вт/м² при разнице температур 55°C. Какая должна быть площадь батареи?

A 7,5 м² **B** 6 м² **B** 5,5 м² **Г** 5 м²

4. Если Вы хотите также получить брошюры по молочной промышленности отметьте, пожалуйста, этот пункт:

Пастеризация

Ультрапастеризация (УНТ)

Впишите ответы в поля и отправьте нам по факсу или перешлите почтой, нажав на кнопку

ПОСЛАТЬ ПО ПОЧТЕ

ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг», 198188, Россия, Санкт-Петербург, ул. Возрождения, д. 20а, литер А

☎ +7 (812) 640 90 44

✉ spirascope@ru.spiraxsarco.com

🌐 www.spiraxsarco.com/global/ru

Мы всегда рады Вашим вопросам и предложениям! Для этого Вы можете воспользоваться контактной формой на сайте.

ПОСЛАТЬ ЗАПРОС