spiраскоп

№ 1/2015

ежеквартальное информационное издание

Дорогие друзья!

На протяжении многих лет команда Spirax Sarco трудится для того, чтобы предоставлять клиентам решения, которые помогают повысить эффективность паровых систем и технологических процессов. Актуальность таких решений возрастает для всё более широкого круга наших заказчиков. Мы прилагаем все усилия, для того, чтобы совершенствовать наши знания и разработки, а также формировать наилучшие решения и услуги, позволяющие снижать расходы и оптимизировать производственные процессы при повышении качества продукции. Что особенно важно в непростых экономических условиях сегодняшнего дня.

С гордостью отмечу, что этом году произошел ряд знаковых событий для группы компаний Spirax Sarco в целом. Не смотря на сложную ситуацию в глобальной экономике, Группа открыла три новых операционных компании: в Индии, Египте и ОАЭ, что стало важной ступенью в расширении географии бизнеса компании и упрочнении позиций Spirax Sarco на мировом рынке. Компания в Индии станет производственным подразделением, здесь будет построен новый завод.

Еще одним важным эпизодом в истории компании стало присуждение одной из наиболее престижных премий Великобритании в сфере инноваций и международной торговли, - Queens Award for Enterprise in Innovation. Для нас эта награда связана с коммерческим успехом расходомеров серии TVA.

В Spirax Sarco Россия начало 2015 года также запомнилась важными нововведениями. Одним из них стало формирование Коммерческого отдела. Теперь получить консультацию стало ещё проще и быстрее: квалифицированные специалисты этого подразделения осуществляют оперативную административную и техническую поддержку клиентов из любого региона России, и связаться с ними можно, набрав номер главного офиса Spirax Sarco в Санкт-Петербурге. Не менее важным и актуальным нововведением стало появление экономичной линейки продукции Spirax Eco-Save, о которой вы сможете прочесть на страницах этого номера.

Также, я рад сообщить Вам о том, что мы запустили обновленный сайт. Изменения коснулись не только дизайна, сайт стал более современным и функциональным. Надеюсь, что все наши новшества будут полезны нашим заказчикам, помогут нам укрепить партнерские связи и достичь заметных результатов в решении любых задач.

А я со своей стороны желаю всем читателям «Spiраскопа» плодотворной работы и приятного чтения.

И. Г. Глыбин
Генеральный директор ООО «Спиракс-Сарко Инжиниринг»

Содержание

Александр Шуб
Непрерывная верхняя продувка жаротрубных котлов
Читать больше

Алексей Дуан
Качество пара, используемого в технологических процессах
Читать больше

Дмитрий Рогов
Повышение эффективности молочных пастеризаторов
Читать больше

Ребус
Читать больше

Spirax Eco-Save ™
Читать больше

Spirax Sarco получает королевское признание
Читать больше

Заявка читателя
Читать больше

Лучшие решения для пароконденсатных систем

ОПЫТ | СИСТЕМНОСТЬ | ПРОГРЕСС

Непрерывная верхняя продувка жаротрубных котлов

Александр Шуб, технический директор

В данной статье будут рассмотрены как теоретические основы работы жаротрубных котлов, так и конкретное оборудование, применяемое в системах непрерывных продувок. Прежде всего необходимо сказать, что приведённые ниже методы, подходы и оборудование, применяются исключительно для продувок жаротрубных котлов и при обычных условиях не могут быть использованы для водотрубных котлов.

Контроль общего солесодержания котловой воды

При испарении воды, любые примеси, содержащиеся в питательной воде котла, не уносятся с паром, а остаются в воде, находящейся в корпусе котла. Из-за этого концентрация растворённых в котловой воде примесей со временем все больше и больше увеличивается. Наступает момент, когда образующаяся на поверхности зеркала испарения пена вместе с каплями воды уносится с паром в паропровод. Ясно, что это нежелательно, и не только потому, что пар, становится слишком влажным, но и потому, что вода, которая в нём находится, содержит много растворённых примесей и, возможно, взвешенных частиц. Эти вещества будут осаждаться на элементах запорной и регулирующей арматуры, в теплообменниках, блокировать фильтры и другое оборудование.

Хотя образование пены может быть вызвано высоким содержанием взвешенных частиц, высокой щёлочностью или загрязнением маслами и жирами, самая распространённая причина уноса котловой воды - это высокий уровень общего солесодержания (TDS — Total Dissolved Solids). Если тщательно контролировать уровень TDS в воде котла, можно свести опасность образования пены и уноса котловой воды к минимуму.

Уровень TDS можно выражать в различных единицах измерения. В таблице 1 приведены некоторые примерные коэффици-

Таблица 1. Сравнение единиц измерения уровня TDS

Общее количество растворённых в воде твёрдых веществ	Электропроводимость (мкСм/см)		Относительная плотность при 15,5°C	Градусы Боме °Be	Градусы Тводдла °Tw
	С нейтрализацией	Без нейтрализации			
0	0	0	1.00000	0.000	0.000
200	286	400	1.00018	0.026	0.036
400	571	800	1.00036	0.052	0.073
600	857	1200	1.00055	0.079	0.109
800	1143	1600	1.00073	0.105	0.145
1000	1429	2000	1.00091	0.131	0.182
1200	1714	2400	1.00109	0.157	0.218
1400	2000	2800	1.00127	0.184	0.255
1600	2286	3200	1.00145	0.210	0.291
1800	2571	3600	1.00164	0.236	0.327
2000	2857	4000	1.00182	0.262	0.364
2200	3143	4400	1.00200	0.289	0.400
2400	3429	4800	1.00218	0.315	0.436
2600	3714	5200	1.00236	0.341	0.473
2800	4000	5600	1.00255	0.367	0.509
3000	4286	6000	1.00273	0.393	0.545
3200	4571	6400	1.00291	0.420	0.582
3400	4857	6800	1.00309	0.446	0.618
3600	5143	7200	1.00327	0.472	0.655
3800	5429	7600	1.00345	0.498	0.691
4000	5714	8000	1.00364	0.525	0.727
4200	6000	8400	1.00382	0.551	0.764
4400	6286	8800	1.00400	0.577	0.800
4600	6571	9200	1.00418	0.603	0.836
4800	6857	9600	1.00436	0.630	0.873
5000	7143	10000	1.00455	0.656	0.909

енты преобразования частей на миллион (ppm) в другие единицы измерения уровня TDS.

Альтернативными единицами измерения, которые используются на гидрометрической шкале, являются градусы Боме и градусы Тводдла (другое написание — Твoдделл).

Отбор проб котловой воды

Уровень TDS в воде котла можно измерять одним из следующих способов:

— Взяв пробу котловой воды и определив уровень TDS в лаборатории

либо

— С помощью датчика, установленного в котле и подающего сигнал на внешнее измерительное устройство.

Отбор проб котловой воды для внешнего анализа

При отборе пробы воды из котла, важно добиться того, чтобы она содержала реальное значение TDS. Не рекомендуется брать пробу из водомерного стекла или выносной камеры датчика уровня: в этих местах вода представляет собой относительно чистый конденсат, образующийся из-за непрерывной конденсации пара. Кроме того, не рекомендуется брать пробы рядом с патрубком, через который в котёл поступает питательная вода, поскольку результаты в этом случае также, скорее всего, будут неточными.

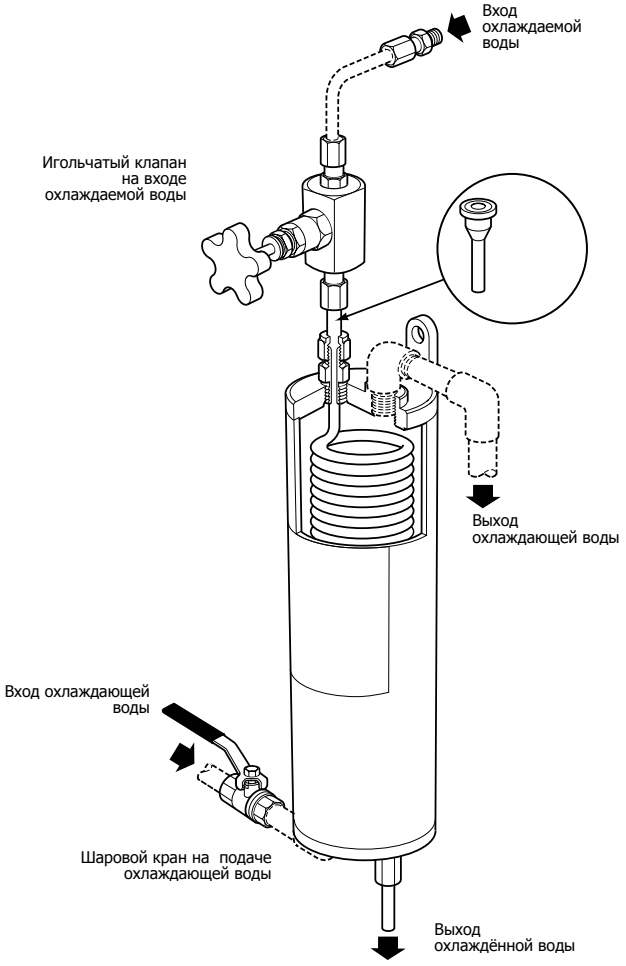


Рис. 1 Охладитель проб котловой воды SCS20

В настоящее время большинство изготовителей предусматривают наличие на корпусе котла патрубка для присоединения трубопровода верхней продувки. В этом месте, как правило, можно взять пробу воды с истинным значением уровня TDS.

Если вода забирается из котла без охлаждения, то при уменьшении давления часть ее превращается в пар. Это не только представляет большую опасность для оператора, который берет пробу, но и приводит к тому, что последующий анализ даст неверные результаты. Это связано с тем, что при потере части воды с паром, TDS в пробе вырастет.

Для простого и быстрого отбора пробы котловой воды, можно воспользоваться специальным охладителем проб котловой воды, см. рис. 1.

Охладитель проб SCS20 представляет собой маленбкий кожухотрубный теплообменник, поставляемый в комплекте с игольчатый клапаном подачи воды от котла и шаровым краном подачи охлаждающей воды, а также необходимыми фитингами. Охладитель состоит из змеевика, изготовленного из нержавеющей стали 316L, расположенного в корпусе также выполненном из нержавеющей стали. Змеевик омывается охлаждающей водой, имеющей противоположное направление течения относительно направления движения воды, поступающей из котла. Температура охлажденной пробы на выходе из охладителя обычно не превышает 25ºC.

Методы определение TDS

Существует несколько способов определения TDS, из которых можно выделить два основных:

1. Метод определения TDS путём измерения относительной плотности котловой воды.
2. Метод измерения электропроводимости котловой воды.

Рассмотрим эти методы.

Метод определения TDS путём измерения относительной плотности

Относительная плотность воды зависит от концентрации растворённых в воде примесей. Если в качестве питательной воды используется сырая вода, её относительная плотность и относительная плотность конденсата настолько близки к плотности чистой воды, что при помощи ареометра разницу нельзя измерить с удовлетворительной точностью. Однако если взять пробу воды непосредственно из котла, то в этом случае измерение относительной плотности ареометром даёт свои результаты. При этом изменение этого параметра воды котла на 0,0001 (при 15,5ºC) соответствует 110 ppm. Нужен очень чувствительный ареометр, который требует аккуратного обращения. С его помощью можно получить удовлетворительный результат измерения уровня TDS. После этого найти общее солесодержание можно из прилагающихся к ареометру таблиц или вычислить его ppm при помощи следующего уравнения:

$$\text{TDS (ppm)} = (\text{относительная плотность воды при } 15{,}5^{\circ}\text{C} - 1) \times 1{,}1 \times 10^{6}$$

Метод определения TDS путём измерения электропроводимости воды

Электрическая проводимость воды также зависит от типа и количества растворённых в ней примесей. Поскольку на электрическую проводимость наибольшее влияние оказывают кислотность и щелочность, перед измерением проводимости пробы воды котла её следует нейтрализовать. После измерения электрической проводимости можно вычислить TDS (в ppm) при помощи следующего уравнения:

TDS (ppm) = (электропроводимость воды в мкСм/см) x 0,7

Приведённая формула даёт приблизительные результаты вполне премлемые для нашего случая.

При температурах до 45ºC можно пользоваться портативным измерителем электропроводимости воды MS1, имеющим функцию компенсации по температуре (см. рис. 2).
Измеритель имеет угольный электрод со встроенным датчиком температуры.
К прибору можно подключать внешние датчики проводимости для измерения сопротивления и определения их работоспособности. Измеритель может быть откалиброван с помощью образцового прибора, для чего имеется специальный потенциометр на боковой части.

На самом деле измерять электропроводимость воды нужно внутри самого котла или в линии продувки. Очевидно, что условия в них сильно отличаются от условий, в которых находится проба, прошедшая через охладитель и далее нейтрализованная (pH=7). Основное различие — большая разность температур и высокий уровень pH.
Увеличение температуры приводит к увеличению электрической проводимости. Электропроводимость воды увеличивается примерно на 2% (от значения при 25ºC) на каждый градус повышения температуры. Это соотношение можно записать следующим образом:

$$\sigma_T = \sigma_{25} [1 + \alpha (T - 25)]$$

Где:
σT = Проводимость при температуре T (мкСм/см)
σ_{25} = Проводимость при температуре 25ºC (мкСм/см)
α = Температурный коэффициент на 1ºC (обычно 0,02/ºC, или 2%/ºC)
T = Температура (ºC)

Пример 1

Проба воды котла без нейтрализации при температуре 25ºC обладает электропроводимостью, равной 5000 мкСм/см. Какова электропроводимость этой воды при давлении 10 бар изб.?

При давлении 10 бари температура насыщения = 184ºC (из таблиц водяного пара)

$$\sigma_T = 5000 [1 + 0,02(184 – 25)]$$

$$\sigma_T = 20900 \text{ мкСм/см}$$

Это значит, что контроллер системы продувки котла должен иметь функцию компенсации по температуре, или давление (а значит, и температура) в котле должны считаться постоянными. Небольшие изменения давления в котле оказывают незначительное влияние, но если вы работаете с котлом, в котором необходимо точное измерение уровня TDS и в котором давление может меняться достаточно сильно, тогда автоматическая компенсация температурного эффекта очень важна.

Рис. 2
MS1 — Портативный измеритель электропроводимости воды

Определение необходимого уровня общего солесодержания (TDS) котловой воды

Фактическая концентрация растворённых в воде примесей, при которой может начаться интенсивное образование пены, зависит от типа котла. В обычных жаротрубных котлах уровень общего солесодержания обычно варьируется от 2000 ppm (в небольших котлах) до 3500 ppm и выше (в больших котлах), при условии, что:

— Давление в котле при работе близко к расчётному давлению.
— Паровая нагрузка не слишком велика.
— Остальные характеристики котловой воды контролируются должным образом.

Продувка котла с целью поддержания необходимого уровня солесодержания поможет добиться того, чтобы к потребителям всегда подавался чистый сухой пар.
В Таблице 2 приведены примерные значения, необходимые при определении максимально допустимых уровней общего солесодержания котловой воды для разных типов котлов. Если уровень общего солесодержания будет превышать значение из таблицы, могут возникнуть проблемы.

Таблица 2. Типичные максимальные уровни TDS для различных типов котлов

Тип котла	Максимальный уровень TDS (ppm)
Двухпроходный жаротрубный котёл	4500
Промышленный 3-х ходовой жаротрубный котёл	от 3000 до 3500
Водотрубный котёл низкого давления	от 2000 до 3000
Змеевиковые котлы и парогенераторы (TDS питательной воды)	2000
Водотрубный котёл среднего давления	1500
Водотрубный котёл высокого давления	1000

Примечание: Приведённые в Таблице 1 цифры носят общий рекомендательный характер. Точные значений TDS можно найти в технической документации на каждый конкретный котёл.

Определение количества воды, удаляемой из котла при продувках

Для расчёта необходима следующая информация:

— Требуемый уровень TDS котловой воды, в ppm (Таблица 2).

— TDS питательной воды в ppm.

Для получения этой информации можно обратиться к отчётам по работе системы водоподготовки котельной или взять пробу питательной воды и измерить ее электропроводимость.
Что касается измерения уровня TDS воды в котле, то электропроводимость (в мкСм/см) x 0,7 = TDS в частях на миллион (при 25ºC).

— Количество производимого котлом пара обычно измеряется в кг/ч. При выборе системы продувки самым важным параметром, как правило, является максимальное количество пара, которое котёл может производить при полной нагрузке.

После того как указанная выше информация будет собрана, вы сможете определить количество воды, которое необходимо удалять из котла для поддержания в нём требуемого уровня TDS. Для вычисления можно воспользоваться следующим уравнением:

$$\text{Количество продувочной воды} = \frac{F\,S}{B - F}$$

Где:
F = TDS питательной воды (ppm)
S = Количество производимого пара (кг/ч)
B = Требуемый уровень TDS котловой воды (ppm)

Пример 2

Котёл, производящий 10000 кг пара в час, работает при давлении 10 бар изб. Необходимо определить количество продувочной воды при следующих условиях:

Максимально допустимый уровень TDS в котле = 2500 ppm
TDS питательной воды = 250 ppm

$$\text{Количество продувочной воды} = \frac{250 \times 10000}{(2500 - 250)}$$

Количество продувочной воды = 1111 кг/ч

Регулирование процесса продувки котла

Существует несколько разных способов регулирования расхода продувочной воды. Самое простое устройство для этого — пластина с отверстием или «шайба» (Рисунок 3). Размер отверстия можно определить на основе следующих показателей:

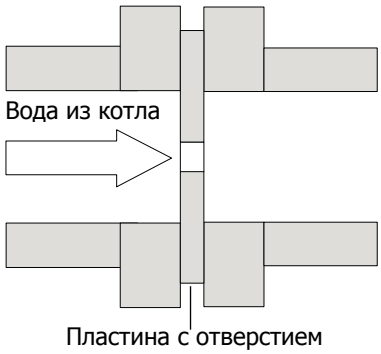


Рис. 3
Пластина с отверстием постоянного диаметра для ограничения количества удаляемой при продувках воды

— **Расход** — способ вычисления количества продувочной воды приведён выше.

— **Перепад давления** — теоретически, это разница между давлением в котле и атмосферным давлением. Однако неизбежны потери на трение в трубе и противодавление, поэтому можно допустиить, что давление за шайбой составляет 0,5 бар изб.

Впрочем, есть одно ограничение: диаметр отверстия нельзя изменить, поэтому такая шайба подходит только для определённых условий работы котла. Если расход пара:

— **Увеличится** — шайба не будет пропускать достаточное количество воды.

— **Уменьшится** — отверстие в шайбе будет пропускать слишком много воды. Количество удаляемой из котла воды вырастет сверх необходимого количество, что приведёт к потерям тепла и воды.

Для возможнсти регулировки расхода вместо шайбы используют, например, игольчатый клапан. Меняя положение штока клапана можно менять проходное сечение, настраивая продувку на требуемый расход. Однако, применение для регулирования расхода воды устройств с фиксированным диаметром связано с двумя проблемами.

— Диаметр отверстия в шайбе или зазор между седлом и плунжером у игольчатого клапана настолько малы, что они легко могут быть заблокированы примесями, содержащейся в продувочной воде.

— При проходждении через отверстие шайбы или игольчатого клапана вода вскипает. Это происходит из-за того, что вода при высоком давлении и температуре попадает в область низкого давления. Вскипание воды сопровождается резким увеличением объёма и скорости течения, котрые, в свою очередь, вызывают быстрый эрозионный износ кромк отверстия.

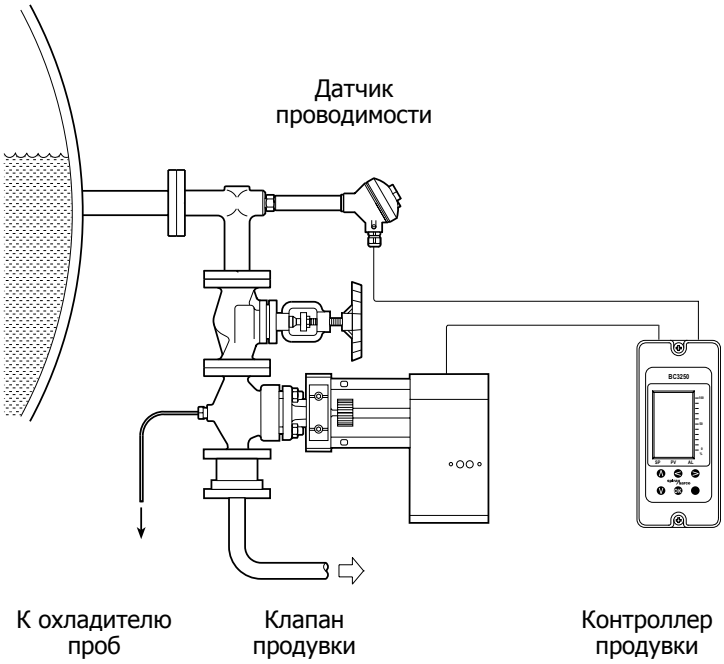
В любом случае использование ручной регулировки не отвечает современным требованиям, и более практичными решением является применение автоматической системы непрерывной верхней продувки котла.

Автоматическая система непрерывной верхней продувки котла (рис. 4)

Такая система измеряет электропроводимость воды в котле и сравнивает её с заданным значением, которое определено пользователем и внесено в память контроллера продувок. Если измеренное значение больше заданного, регулирующий продувочный клапан открывается и остается открытым до тех пор, пока не будет достигнуто заданное значение. Как правило, пользователь может также отрегулировать «зону нечувствительности» системы, чтобы она не срабатывала часто и без оснований.

Нам известно, что повышение температуры воды приводит к увеличению электрической проводимости. Ясно, что если котёл работает в широком диапазоне температур и давлений (например, котёл, который отключается на ночь, либо котёл с широким диапазоном контроля горелки), возникает необходимость в компенсации по температуре.

Рис. 4
Типичная система непрерывной верхней продувки котла по уровню TDS



Современные системы предназначены для измерения электропроводимости котловой воды внутри котла при помощи специальных датчиков проводимости (рис. 5).

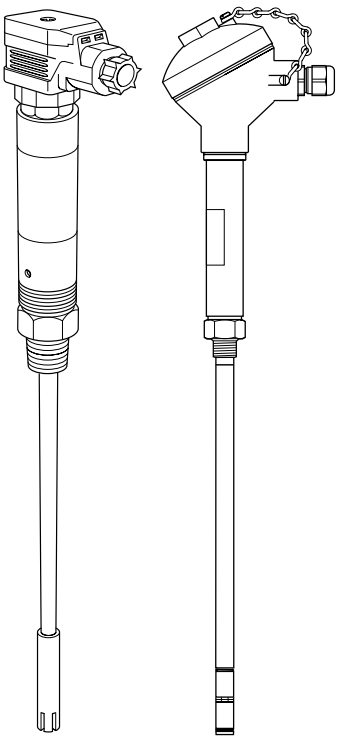


Рис. 5
Датчики электропроводимости котловой воды

На рисунке 5 представлены датчики электропроводимости: **CP30 (a)** и **CP32 (b).** Основным отличием датчика **CP32** от **CP30** является наличие встреннного преобразователя температуры, который позволяет реализовать функцию температурной компенсации, что является необходимым условием для котлов, работающих на переменных режимах. Если котёл работает при постоянном давлении, можно использовать датчик **CP30**. При этом в контроллер вносится значение давления в котле, которое принимается постоянным.
Датчики **CP32** и **CP30** поставляются со стержнем трех номинальных длин (300, 500 и 1000 мм) и имеют резьбу 3/8'' BSP для установки в специальное колено или в патрубок на обечайке котла.

Датчики со стержнем длиной 300 и 500 могут устанавливаться как в горизонтальном , так и вертикальном положении. Датчик со стержнем 1000 мм предназначен для вертикальной установки.
Датчик электропроводимости котловой воды монтируется таким образом, чтобы замерять истинное значение TDS. Место монтажа должно быть как можно дальше от места подачи в котёл питательной воды. Также датчик должен располагаться как можно ближе к осям котла во всех плоскостях. Это уменьшит риск нахождения датчика в области турбулентностей, а также в области с повышенным уровнем солесодержания в нижней части котла. (см. рис. 6).

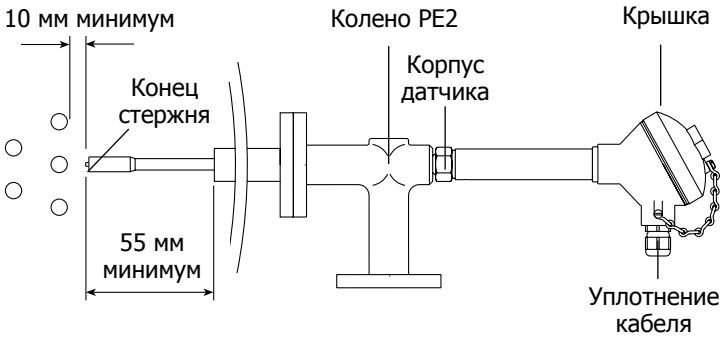


Рис. 6
Горизонтальный монтаж датчика CP32 при помощи колена PE2

Датчики **CP32** и **CP30** могут применяться в котлах с рабочим давлением до 32 бар изб. и температуре до 239ºC.

Если котёл не оборудован патрубком, позволяющим установить датчик проводимости **CP32** или **CP30**, можно организовать систему, приведённую на рисунке 7. В этом случае используется датчик проводимости CP10, имеющий малые габаритные размеры и простую конструкцию. Датчик CP10 может быть вкручен в специальную камеру, установленную на линии продувки. Так как система не может проводить постоянные измерения значения TDS внутри котла, то через определённые промежутки времени контроллер принудительно открывает клапан продувки, позволяя воде из котла достичь датчика CP10. В этот момент проводится замер значения TDS и, в случае , если текщее значение превышает заданное, клапан остаётся открытым до тех пор, пока текущее значение не станет меньше заданного на определённую величину.

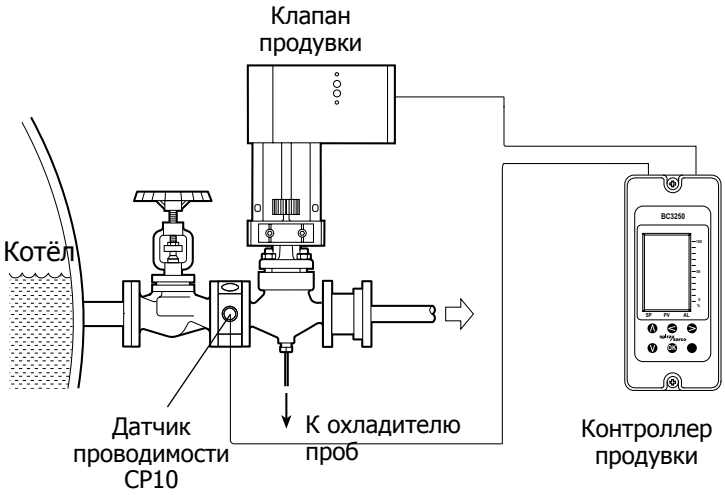


Рис. 7
Система непрерывной верхней продувки котла по уровню TDS с датчиком, установленным на линии продувки

Если котёл не имеет бокового патрубка для присоединения системы продувки, это можно организовать, используя трубопровод нижней продувки, как показано на рис. 8.

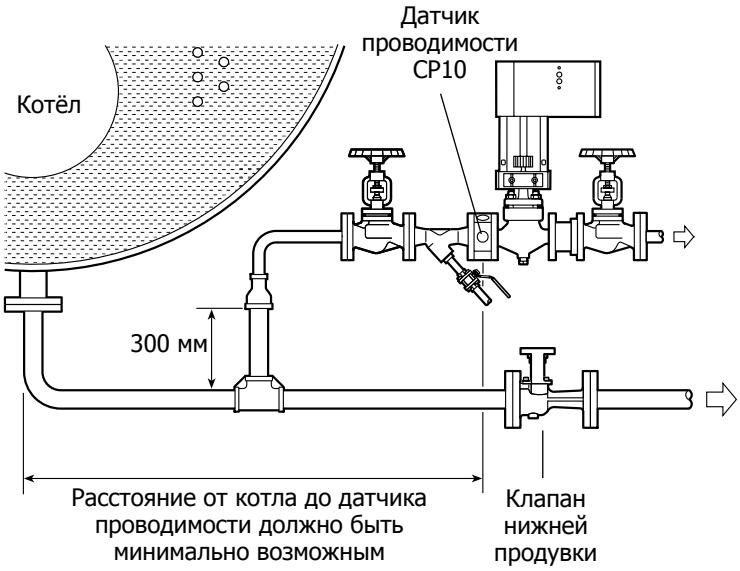


Рис. 8
Типичная схема монтажа на котле без бокового присоединения

Для котлов небольшой производительности также часто используют непрерывную продувку по общему солесодержанию, подключённую к донной части корпуса котла (рис. 8). При этом периодическую нижнюю продувку не делают вообще, так как при небольшом объёме воды в корпусе котла существует опасность быстрого падения уровня воды и оголения жаровых труб.
Для управлением верхней непрерывной продувкой котлов по общему солесодержанию служат контроллеры специально спроектированные для этих целей: BC3150 и BC3250.
Контроллер BC3150 является упрощённой версией модели BC3250 и обладает ограниченным набором функций и возможностей.

После запуска в работу на дисплее контроллера BC3150 будет отображаться текущее значение TDS в мСм/см (или ppm). На дисплее контроллера BC3250 дополнительно будут графически отображаться такие данные, как значение уставки, пороговое значение срабатывания сигнализации, значения гистерезисов уставки и сигнализации, наибольшее и наименьшее значения уровней TDS достигнутые во время работы, а также можно включить режим показа тренда изменения значения TDS во времени. Если текущее значение электропроводимости воды превышает уставку, то на дисплее контроллеров будет отображаться информация о том, что в цепь управления клапаном продувки подано напряжение, и клапан открылся. Отключение подачи питания произойдёт, когда электропроводимость воды упадёт ниже уставки на значения гистерезиса.

Оба контроллера могут также применяться в системах контроля качества конденсата, работающих на принципе измерения значения общего солесодержания.
Клапаны серии **BCV** (рис. 11) предназначены для продувок паровых котлов и, соотвественно, для работы в условиях больших перепадов давления и малых расходов среды. Поставляются клапаны с корпусами из высокопрочного чугуна (**BCV71/73**), углеродистой стали (**BCV41/42/43/44**), легированной стали (**BCV82/83/84**) и нержавеющей стали (**BCV61/62/63/64**), а также с различными типами соединений: резьбовым, фланцевым, а также под сварку.

Рис. 9
Система непрерывной верхней продувки для небольших котлов

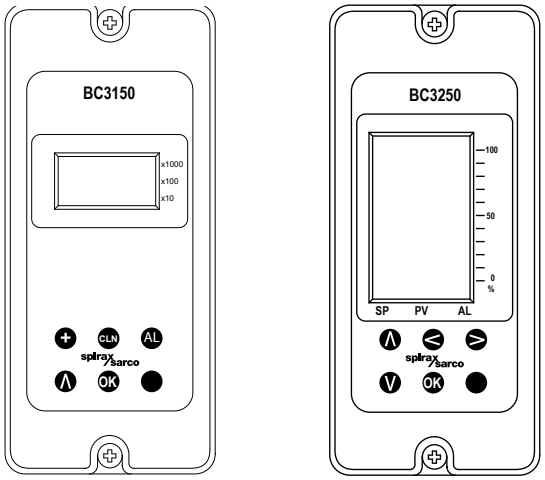


Рис. 10
Контроллеры непрерывной верхней продувки котлов по общему солесодержанию

Пропускная способность клапана настраивается путем изменения хода штока. Конструкция проточной части клапана позволяет минимизировать эрозионный износ седла и гарантирует минимальную протечку в затворе.

В нижней части корпуса клапана имеется отверстие с резьбой ¼» BSP, заглушенное пробкой и предназначенное для присоединения охладителя проб котловой воды.
Поставляются две версии клапанов: с электрогидравлическим приводом и пневматическим приводом.

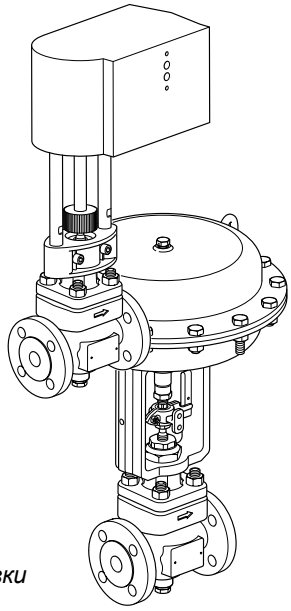


Рис. 11
Клапаны непрерывной верхней продувки котлов по общему солесодержанию

Преимущества автоматического контроля уровня TDS:

— Автоматизация сокращает затраты труда.
— Обеспечивается контроль уровня TDS воды котла в узком диапазоне значений.
— Появляется возможность утилизации тепла продувочной воды.

Как определить экономический эффект от применения автоматической системы верхней непрерывной продувки котла показано в приведённых ниже примерах 3 и 4.

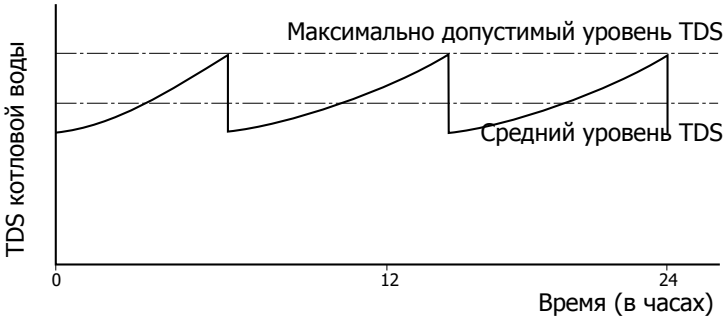


Рис. 12
График изменения TDS при ручной продувке, осуществляемой 3 раза в сутки

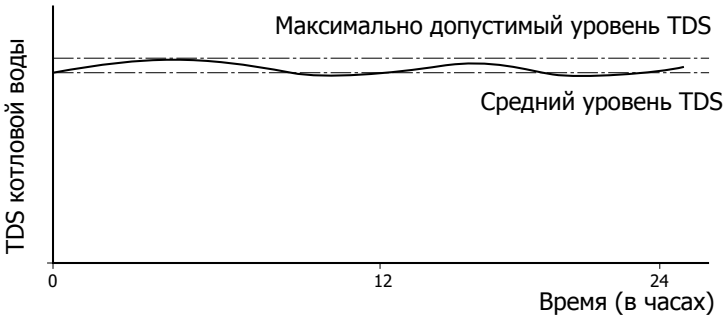


Рис. 13
График изменения TDS при использовании автоматической продувки котла

Пример 3

На Рисунке 12 видно, что средний уровень TDS в системе с нормально работающим ручным продувочным клапаном значительно ниже максимально допустимого уровня. Например, максимально допустимый уровень TDS может быть равен 3500 ppm, а средний уровень TDS – только 2000 ppm. Это значит, что фактический расход продувочной воды намного больше, чем требуется. Если взять за основу уровень TDS питательной воды, равный 200 ppm, то фактический расход продувочной воды будет равен:

$$\frac{\text{200 ppm (TDS питательной воды)}}{\text{2000 ppm (средний TDS воды в котле) - 200 ppm (TDS питательной воды)}} \times \frac{100}{1} = 11{,}1\%$$

Установив автоматическую систему контроля уровня TDS, можно поддерживать средний уровень TDS воды котла на уровне, примерно соответствующем максимально допустимому уровню TDS, как показано на Рисунке 13.

Оценка экономии, достигаемой благодаря уменьшению количества продувочной воды

Так как паровой котёл рассчитан на производство определённого количества пара (на номинальный расход), то вода, которая удаляется с продувкой и восполняется подачей свежей питательной воды, должна учитываться отдельно. На ее нагрев до состояния насыщения затрачивается тепловая энергия, которая затем теряется, так как вода в дальнейшем удаляется из котла во время продувки.
Получить приближенное значение потерь тепла можно при помощи таблиц водяного пара.

Возьмём значения из примера 1. Если котёл работает при давлении 10 бар изб. и производит 5000 кг пара в час, а температура питательной воды равна 80ºC (hf = 335 кДж/кг), тогда изменение требований к энергии можно вычислить так:

Условие 1, ручной контроль TDS: Количество продувочной воды = 11,1%

Для того чтобы производить 5000 кг пара в час, в котёл необходимо подавать следующее количество воды:

$$\text{Количество воды, подаваемой в котел} = \frac{\text{5000 кг/ч} \times (100 + 11{,}1)}{100}$$

Количество воды, подаваемой в котел = 5555 кг/ч

Эта вода будет нагреваться до температуры насыщения. При температуре насыщения, соответствующей давлению 10 бар изб. энтальпия воды hf = 782 кДж/кг, при 80ºC - hf = 335 кДж/кг.

$$\text{Количество тепла для нагрева воды} = \frac{\text{5555 кг/ч} \times \text{(782 -335) кДж/кг}}{\text{3600 секунд/час}}$$

Количество тепла для нагрева воды = 690 кВт

Котёл в час вырабатывает 5000 кг пара.
Из таблиц водяного пара энтальпия hg = 2000 кг/ч.

$$\text{Количество тепла для выработки пара} = \frac{\text{5000 кг/ч} \times \text{2000 кДж/кг}}{\text{3600 секунд/час}}$$

Необходимое количество тепла для производства 5000 кг пара в час = 2778 кВт

Общее количество энергии, необходимое для производства 5000 кг пара в час = 690 кВт + 2778 кВт

Общее количество тепла для производства 5000 кг пара в час: = 3468 кВт

Пример 4

Условие 2, автоматический контроль TDS:

$$\text{Количество продувочной воды} = \frac{200 \times 100\%}{3500 - 250} = 6{,}1\%$$

Для того чтобы производить 5000 кг пара в час, в котёл необходимо подавать следующее количество воды:

$$\text{Количество воды, подаваемой в котел} = \frac{5000\ \text{кг/ч} \times (100 + 6{,}1)}{100}$$

Количество воды, подаваемой в котёл = 5305 кг/ч

Эта вода будет нагреваться до температуры насыщения. При температуре насыщения, соответствующей давлению 10 бар изб. энтальпия воды hf = 782 кДж/кг, при 80ºC - hf = 335 кДж/кг.

$$\text{Количество тепла для нагрева воды} = \frac{5305\ \text{кг/ч} \times (782 - 335)\ \text{кДж/кг}}{3600\ \text{секунд/час}}$$

Количество тепла для нагрева воды = 659 кВт

Котёл в час вырабатывает 5000 кг пара.

$$\text{Количество тепла для выработки пара} = \frac{5000\ \text{кг/ч} \times 2000\ \text{кДж/кг}}{3600\ \text{секунд/час}}$$

Необходимое количество тепла для производства 5000 кг пара в час = 2778 кВт

Общее количество энергии, используемое для производства 5000 кг пара в час = 659 кВт + 2778 кВт

Общее количество тепла для производства 5000 кг пара в час = 3437 кВт

Для производства пара используется тепловая энергия, получаемая при сжигании топлива, поэтому уменьшение количества этой энергии означает экономию топлива:

Экономия энергии = 3468 кВт – 3437 кВт
Экономия энергии = 31 кВт

Это, в свою очередь, можно выразить в процентах как экономию средств, расходуемых на топливо для котла:

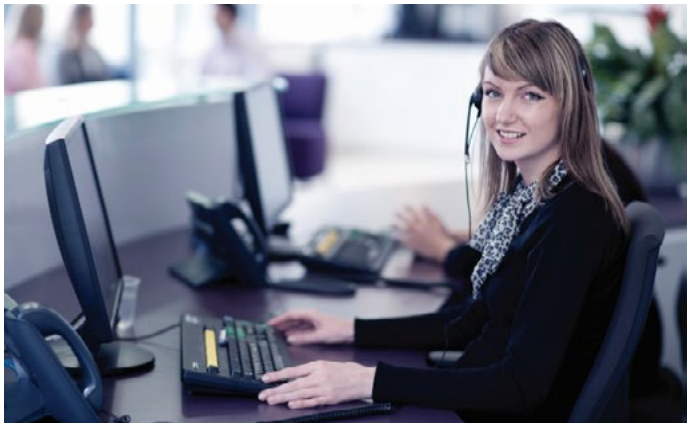
$$\text{Экономия средств, расходуемых на производство тепловой энергии} = \frac{31\ \text{кВт}}{3468\ \text{кВт}} \times \frac{100}{1}$$

Общая экономия средств, расходуемых на производство тепловой энергии ≈ 0,9%.

Коммерческий отдел в помощь клиентам

Мы дорожим Вашим временем, дорогие клиенты, и теперь в Spirax Sarco Россия для Вашего удобства и экономии времени появился Коммерческий отдел. Теперь получить консультацию стало проще и быстрее: квалифицированные специалисты этого подразделения осуществляют оперативную административную и техническую поддержку клиентов из любого региона России.

Для получения коммерческих предложений, технических консультаций, подготовки договоров и выставления счетов, свяжитесь со специалистами коммерческого отдела по телефону в г. Санкт-Петербурге: +7(812) 640-90-44 или напишите на e-mail: sales@ru.spiraxsarco.com.



Семинары

Чтобы посетить семинар Spirax Sarco, пожалуйста, заполните форму на странице 17 и отправьте по факсу (812) 640-90-43.

Полное расписание семинаров на 2015 год представлено на сайте.

Участие в семинаре
бесплатное

октябрь-ноябрь 2015

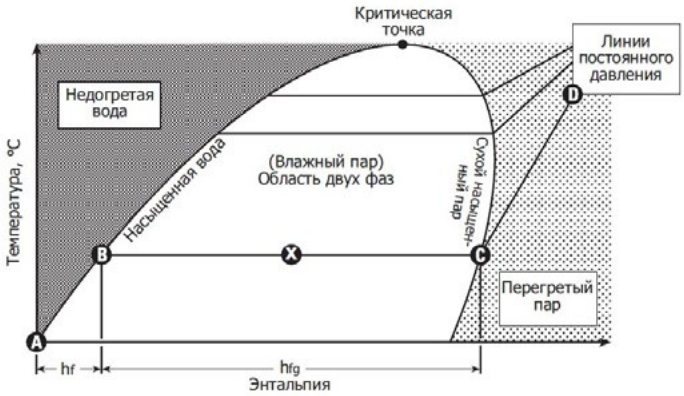
01/10 – Тула
01/10 – Нижний Новгород
08/10 – Смоленск
08/10 – Ульяновск
14/10 – Пермь
15/10 – Архангельск
15/10 – Иваново
29/10 – Тверь
11/11 – Калуга
12/11 – Киров

Читать больше

Качество пара, используемого в технологических процессах

Алексей Дуан, директор по обучению и развитию персонала

В подавляющем большинстве технологических процессов, использующих, водяной пар для нагрева применяется насыщенный, а не перегретый пар. Это обусловлено свойствами насыщенного пара, являющимся великолепным теплоносителем.



Сухой насыщенный пар, по сути, является газом и не содержит влаги. Однако на практике пар, получаемый в паровом котле, не является сухим. В нём всегда присутствуют частицы воды, и такой пар называют влажным. Рассмотри процесс получения пара в паровом котле.

Когда вода нагревается от 0°C до температуры насыщения, ее состояние меняется вдоль линии насыщенной воды до тех пор, пока не приобретает соответствующую полную энтальпию жидкости hf (линия A – B).

Если продолжать нагрев, вода меняет состояние и превращается в пароводяную смесь. Ее энтальпия продолжает увеличиваться, а температура остаётся на уровне температуры насыщения – hfg (линия B – C).

По мере увеличения степени сухости пароводяной смеси эта смесь меняет состояние, двигаясь от линии насыщенной жидкости к линии насыщенного пара. Поэтому в точке, расположенной точно посередине между этими двумя состояниями степень сухости (x) будет равна 0,5. Зато на линии насыщенного пара (точка C) пар будет сухим на 100%.

Приобретя полную энтальпию испарения, смесь достигает линии насыщенного пара. Если после этого продолжить нагрев, давление будет оставаться неизменным, а температура пара начнёт повышаться. Происходит перегрев пара (линия C – D).

Линии насыщенной воды и насыщенного пара окружают область, в которой существует пароводяная смесь, или влажный пар. В области слева от линии насыщенной воды существует только вода, а в области справа от линии насыщенного пара – только перегретый пар.

В технологических процессах нагрева, в соответствии с диаграммой состояния, насыщенный пар отдаёт свое тепло при постоянной температуре, конденсируется и становится сначала влажным, а потом полностью превращается в конденсат (линия C – B).

Что такое «качество пара»?

Качество пара определяется степенью его влажностью. Это отношение полностью сухого насыщенного пара к общему количеству смеси пара и воды. При этом вода в этой смеси присутствует в виде тумана и мельчайших капелек воды.

Качество пара, равное 0, означает, что это уже не пар, а жидкость (конденсат), в то время как качество, равное 100 означает, что это абсолютно сухой насыщенный пар.

Если 5% массы пара составляет вода, говорят, что пар сухой на 95% и имеет степень сухости 0,95.

Почему качеству пара уделяется так много внимания

Современные требования к качеству выпускаемой продукции очень высоки. Они определяются различными стандартами и регламентами, которые побуждают производителей использовать эффективные технологические процессы, в том числе и с точки зрения теплопередачи.

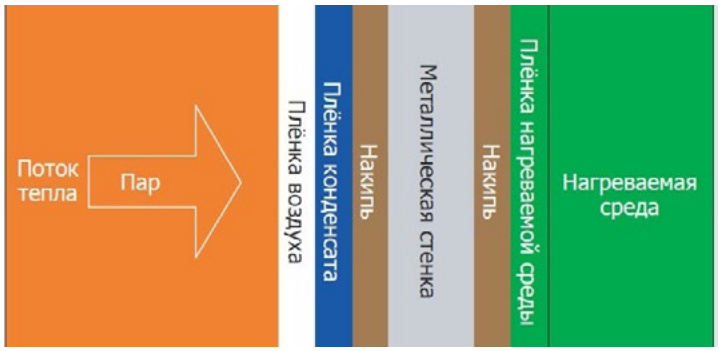
Влияние качества пара на качество конечного продукта нельзя недооценивать. Обычно расчёт всех теплообменных аппаратов и технологического паропотребляющего оборудования проводится на основе предположения, что используется абсолютно сухой насыщенный пар. То, что на практике пар, скорее всего, окажется влажным неизбежно приведёт к снижению производительности оборудования и невозможности его выхода на расчётный режим с одной стороны, а с другой это может снизить качество выпускаемой продукции и увеличить процент брака. Влияние качества пара на протекание технологического процесса неочевидно, и часто ответственность за проблемы, возникающие из-за плохого качества пара, возлагают на более понятные и видимые причины. Исходя из практического опыта, можно сказать, что значительное количество технологического оборудования работает на паре, качество которого ниже приемлемого уровня.

К чему приводит использование пара низкого качества?

Низкое качество пара влияет на:

1. Эффективность теплопередачи.

При использовании влажного пара снижается эффективность теплопередачи, что негативно сказывается на работу теплообменного оборудования. В некоторых случаях, низкое качество



пара может ухудшить теплопередачу более чем на 65%. Капельки жидкости, находящиеся в паре содержат значительно меньшее количество тепла, чем скрытая теплота парообразования, являющаяся основой тепловой энергии пара. Становится очевидным, что реальное количество тепла, которое содержится во влажном паре, снижается с увеличением влажности пара. Это, в свою очередь, означает, что влажный пар при конденсации отдает меньше тепла, чем такое же по массе количество сухого пара.

Кроме того, капли влаги находящиеся в паре, вызывают мгновенное образование пленки конденсата на теплообменной поверхности, которая создает дополнительное термическое сопротивление и уменьшает общий коэффициент теплопередачи.

2. Преждевременный выход из строя регулирующей и запорной арматуры.

Влажный пар, проходящий с высокой скоростью через проточную часть клапана приводит к эрозионному износу как внутренних элементов клапана, так и корпуса клапана.

3. Возникновение гидравлических ударов.

Наличие избыточной влаги в паре увеличивает вероятность её накопления в определённых местах, дальнейшему уносу и появлению такого крайне опасного явления, как гидравлический удар.

Гидравлический удар несёт потенциальную угрозу как для самого паропровода и установленного на нём оборудования, так и для обслуживающего персонала, что делает это явление крайне опасным.

Как измерить степень сухости пара?

Чтобы определить степень сухость пара надо измерить его температуру, давление и количество содержащейся в нём влаги. До сих пор процесс измерения степени сухости пара был достаточно трудоёмким, занимал много времени и представлял определенный риск для персонала из-за необходимости отбора проб пара.

Реальное определение степени сухости пара может быть получено с использованием дроссельного калориметра и последующим выполнением соответствующих расчётов.

Это наиболее распространенный на сегодняшний день метод, который заключается в том, что отбираемая проба дросселируется и поступает в теплоизолированный сосуд. Температура пара в сосуде должна измеряться с большой точностью. Сухой насыщенный пар после дросселирования становится чуть перегретым, а наличие в паре влаги вызывает снижение степени перегрева, что может быть зафиксировано и использовано для расчета значения степени сухости.

В некоторых отраслях промышленности измерение степени сухости нормируется и является обязательным. Так, например, проверка качества пара является требованием европейского стандарта ЕС (ISO EN 285) и распространяется на предприятия фармацевтической промышленности. Для автоматизации процесса измерения ведущие мировые компании, специализирующиеся в паре, разрабатывают автоматические устройства контроля степени сухости пара. К таким устройствам относится Измеритель Сухости Пара («Steam Dryness Meter»), разработанный компанией Spirax Sarco. В отличие от большинства существующих устройств, которым требуется периодический отбор проб пара, данный измеритель работает в онлайн режиме, постоянно отображая на дисплее текущее значение степени сухости пара.

Это современный прибор, позволяющий проводить измерения с высокой степенью точности. Однако большинству промышленных предприятий такие точные измерения не нужны, поэтому часто используют более простые способы оценки степени сухости пара. Сухой насыщенный пар — это невидимый, прозрачный газ, который становится видимым только из-за наличия в нем влаги, которая визуально определяется как белые, непрозрачные «облака пара». Открывая, продувочный клапан на паровой ветке и выпуская пар в атмосферу, можно сделать приблизительную оценку качества пара.

Примеры:

На фото 1 показан пар приемлемого качества. Видно, что на срезе выпускной трубы и на некотором расстоянии от нее, пар остается невидимым, и только затем начинает конденсироваться с появлением видимого шлейфа.

Фото 1

На фото 2 показана продувка паровой линии, при этом очень хорошо видны белые клубы пара сразу же на срезе продувочной трубы. Можно сделать вывод, что пар достаточно влажный, а значит его качество невысокое.

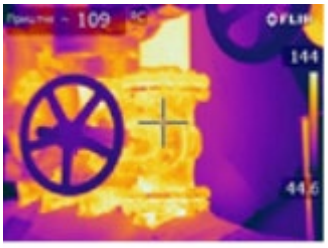
Фото 2

На фото 3 также показана продувка паровой линии: вместе с белыми клубами пара из трубы вырываются струи конденсата. На основании такого наблюдения можно сделать вывод, что такой пар очень влажный и имеет неприемлемое качество для технологического процесса.

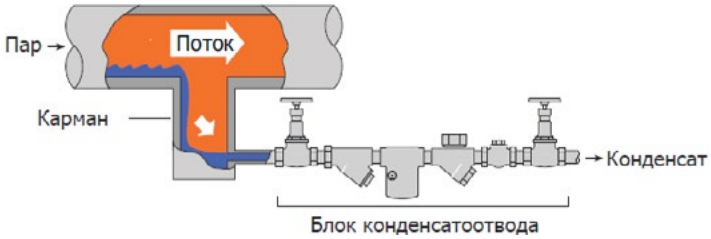
Фото 3

Для обеспечения высокого качества пара необходимо следовать нескольким простым правилам:

1. Теплоизолировать паропроводы и арматуру (запорные клапаны, фильтры, сепараторы, редукционные клапаны и т. д.).



2. Обеспечить правильный дренаж паропроводов.

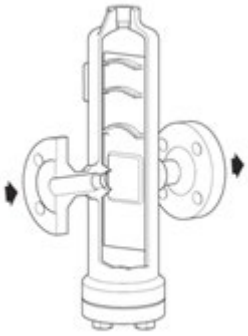


3. Обеспечить работу котла на расчетных режимах без уноса котловой воды в паропровод.

Что происходит в котле при его работе на переменных нагрузках можно посмотреть на фрагменте видео ролика «Котел изнутри», снятом компанией Spirax Sarco:

http://www.youtube.com/watch?v=-bGkiq9QDXc

4. Использовать сепараторы пара.



Сепаратор удаляет как конденсат, образующийся на стенках паропровода, так и влагу, находящуюся в потоке пара. Благодаря этому на производство будет поступать сухой насыщенный пар. Это также снизит вероятность образования гидравлического удара и связанные с ним проблемы. Часто установка сепаратора является более удобным и дешёвым решением, чем, например, организация дренажного кармана.

Эффективность работы паросепаратора компании Spirax Sarco вы можете посмотреть на видеозаписи:

http://www.youtube.com/watch?v=Z3P_SU1hENM

https://www.youtube.com/watch?v=ax_PhMezNj4

Итак, даже не имея сложного и дорогого оборудования, вы, тем не менее, всегда можете определить качество пара, подаваемого на технологический процесс и, при необходимости, принять меры по его повышению.

РЕБУС

Разгадайте ребус и получите приз от SPIRAX SARCO!

Чтобы принять участие в конкурсе, пожалуйста, впишите ответ в графу «Ребус» в Заявке читателя (страница 17) и отправьте нам по факсу. И главное, не забудьте указать свои координаты для получения подарка!

Ответы принимаются до 31 октября 2015 года от читателей Spiraскопа на территории России.

Повышение эффективности молочных пастеризаторов

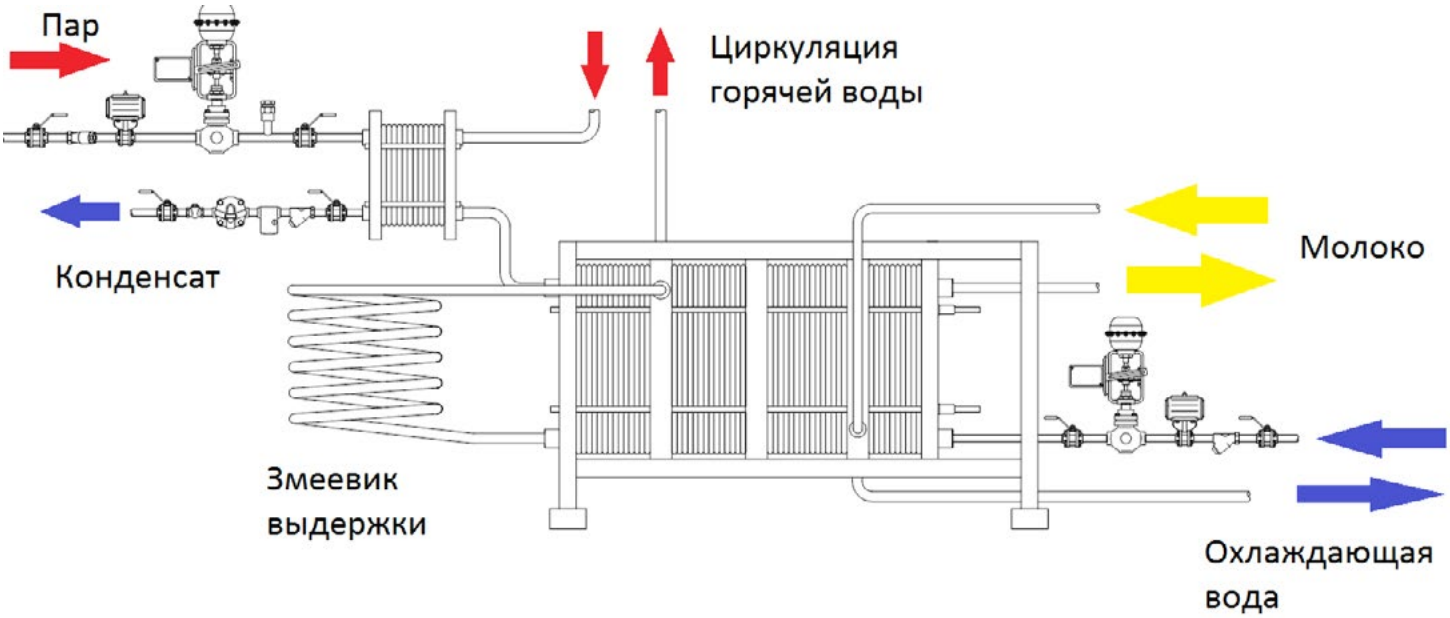
Дмитрий Рогов, инженер

Современная технология производства молока и молочных продуктов несет в себе множество технологических процессов, одним из которых является пастеризация. Пастеризация молока — это особый вид тепловой обработки, обеспечивающий уничтожение микроорганизмов, не вызывая при этом значительных изменений свойств молока. В термине «пастеризация» увековечено имя французского микробиолога и химика Луи Пастера, который в конце XIX провел масштабные исследования воздействия тепла на микроорганизмы и их активности после такой обработки. В ходе его опытов было определено, что большинство микроорганизмов погибает уже при нагреве молока до 63^{0}C в течение 10 минут, больший эффект достигался при 30 минутной выдержке молока при этой температуре. Таким образом на сегодняшний день, пастеризация является важнейшим процессом на молочном производстве, от которого зависит безопасность молока для потребителя, сроки его хранения и органолептические свойства.

Процесс пастеризации на современном молочном заводе обеспечивается нагревом и последующим охлаждением молока в специальных установках, называемых пастеризаторами. Одним из важнейших требованием к работе пастеризатора является возможность обеспечения необходимой температуры на каждом этапе обработки молока. Как правило, пастеризация молока проходит в специальном пластинчатом теплообменнике при температуре 72-75^{0}C и 15-20 секундной выдержке. Теплоносителем в пастеризаторе выступает горячая вода температурой на 2-3 ^{0}C выше температуры пастеризации, которая в свою очередь нагревается в другом пластинчатом теплообменнике насыщенным паром. Выбор пара в качестве теплоносителя для воды обусловлен удобством работы с ним. Меняя давление пара в теплообменнике, мы имеем возможность быстро и точно менять температур нагреваемой среды, что чрезвычайно важно при работе пастеризатора.

Одна из часто возникающих проблем на молочном производстве — это трудности с поддержанием температуры горячей воды в паровом теплообменнике, и, как следствие и температуры пастеризации.

Если температура будет недостаточна для пастеризации это неизбежно привет к возобновлению микробиологической активности в молоке. В лучшем случае это приведет к необходимости проведения повторной пастеризации, однако может случиться так, что не пастеризованное молоко попадет в балансный танк хранения, что вызовет заражение пастеризованного продукта и его придется слить. В худшем случае не па-



стеризованный продукт может попасть на стол к потребителю, неся в себе угрозу инфекционного заражения кишечной палочкой, сальмонеллезом и т.д.

В тоже время, перегрев молока приведет к изменению его вкуса, что негативно скажется на потребительских качествах продукта. Молоко приобретает вкус кипяченого, а порой и пригорелого молока. Кроме того, при перегреве белки в молоке денатурируют, что делает такое молоко практически непригодным для производства сыра, например.

Зачастую трудности с поддержанием температуры пастеризации связаны с подтоплением парового пространства теплообменника конденсатом, этот эффект еще называют «точкой застоя», т.е. ослабление или полное прекращение отвода конденсата от теплообменника, возникающее, когда давление в теплообменнике становится равно или меньше суммарного противодавления за конденсатоотводчиком.

Данный эффект может быть вызван рядом причин, в числе которых:

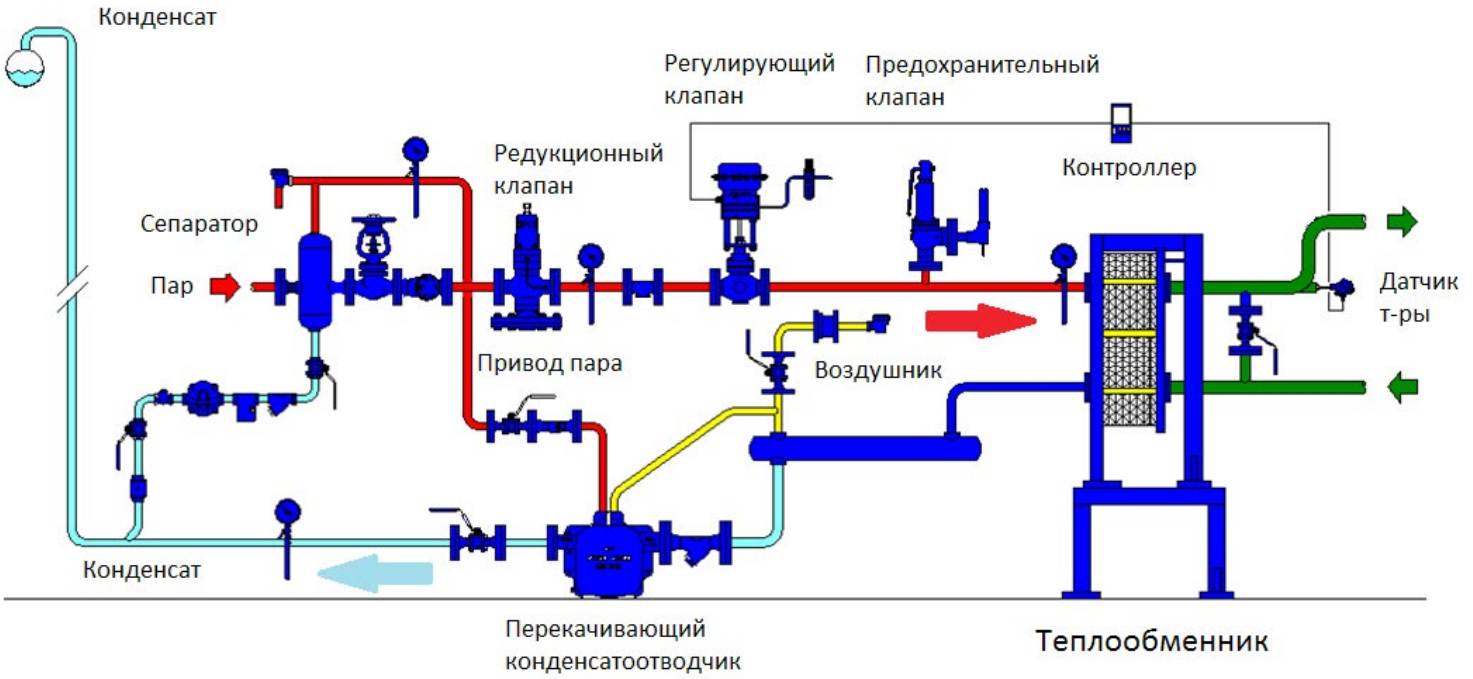
- подъем конденсатной линии за пастеризатором, вызывающий большое противодавление
- недостаточное давление пара на входе в теплообменник
- зауженный конденсатопровод
- переразмеренный теплообменник с большим запасом поверхности нагрева, вызывающий интенсивную конденсацию пара с резким падением его давления, вплоть до вакуума
- наличие пролетного пара в общем конденсатопроводе, вызывающее «подпор» конденсатоотводчиков, затрудняя либо блокируя их работу

Приходилось видеть, как проблема поддержания температуры пастеризации решалась сбросом конденсата с теплообменника в трап. При этом нарушаются правила безопасности и повышаются затраты на производство продукции за счет потерь конденсата. К примеру в средней полосе России цена потери конденсата составляет около 80 руб/тн. Средний пастеризатор потребляет около 700 кг пара в час. Таким образом сумма потерь в сутки с одного пастеризатора составляет около 1500 руб.

Как же выдержать температуру пастеризации и при этом обеспечить возврат конденсата на любых режимах работы теплообменника в независимости от противодавления? Решение этой задачи состоит в активном отводе конденсата от теплообменника пастеризатора перекачивающим конденсатоотводчиком типа APT. В тот момент, когда перепада давления достаточно для движения конденсата, APT работает аналогично поплавковому конденсатоотводчику. Когда перепад давления становится недостаточным, или в теплообменнике возникает вакуум, APT автоматически переключается в режим насоса для обеспечения дренирования теплообменника. Движущей силой для конденсата при этом является давление «острого» пара либо сжатого воздуха.

Применение активного конденсатоотвода позволит обеспечить быстрый выход пастеризатора на технологический режим, повысив эффективность и производительность его работы, исключить гидроудары в теплообменниках, продлив срок их службы, исключить пролетный пар и снизить затраты на производство продукции.

Подобные решения уже давно зарекомендовали себя на ведущих производственных площадках России и Европы, позволяя быть уверенным в качестве выпускаемой молочной продукции и ее соответствии высоким стандартам пищевой безопасности.



Представляем вниманию читателей:

Spirax Eco-Save ™

Экономия энергии Вашей пароконденсатной системы до 10%

Наше новое решение для отвода конденсата под названием Spirax Eco-Save™ поможет сэкономить до 10% энергии Вашей пароконденсатной системы.

Spirax Eco-Save™ представляет собой особый блок конденсатоотвода, в который входит энергосберегающий конденсатоотводчик. На работу данного блока конденсатоотвода предоставляется 10-летняя гарантия. Его нержавеющая стальная конструкция делают его удобным, простым и быстрым в обслуживании.

Особенности и преимущества

- Экономит энергию, уменьшая температуру отводимого конденсата — через термостатический капсульный конденсатоотводчик UBP32
- Сокращает время простоя и обслуживания по сравнению с обычными конденсатоотводчиками — благодаря использованию магистрального соединителя
- Повышенная стойкость к коррозии, обеспечивающая безотказный срок службы изделия — благодаря конструкции из нержавеющей стали
- Устранение потенциальных утечек — благодаря цельному (модульному) корпусу
- Исключает случайную или несанкционированную операцию — оснащен блокируемыми ручками.

Опции STS 17.2

Продувочный клапан

Также доступен (только для стандартного STS17.2) для очистки фильтра во время работы.

Необходимо соблюдать осторожность, используя продувочный клапан, поскольку выброс может быть горячим.

Удлиненный шток

Для установки теплоизоляции.

Два запорных шаровых крана

Для тех, кто использует лучшие практики и следует высоким стандартам безопасности

Теплоизоляционный кожух

Для минимизации потери тепла, сохранения энергии и сокращения выбросов CO_2 в атмосферу.

Конденсатоотводчик UBP 32

Термостатический конденсатоотводчик, сбалансированный по давлению работает при температуре ниже температуры насыщенного пара.

Продувочный клапан

Теплоизоляционный кожух

Серия STS 17.2

Размер	Размеры и соединения					Максимальное рабочее давление на насыщенном паре	Материал
	Резьба BSP и NPT	Под сварку	Стандартные фланцы PN40	Фланцы ANSI 150	Фланцы ANSI 300		
½» – DN15	222	222	284	268	294	17,5 бари	Нерж. сталь
¾» – DN20	222	213	304	272	306		
1» – DN25	229	269	304	271	309		

Spirax Sarco получает королевское признание

Компания Spirax Sarco была рада приветствовать в своем технологическом центре на Раннингз-роуд Лорд-лейтенанта Глостерского, даму Джанет Троттер. Дама Джанет Троттер от имени Ее Величества Королевы преподнесла Spirax Sarco розовую чашу в знак получения компанией Королевской премии за деятельность в области инноваций. Эта премия является высшей наградой в Великобритании за коммерческие успехи в области проектирования и производства.

Награда была присуждена в знак признания инновационного расходомера TVA, который был спроектирован, разработан и испытан нашими специалистами в Челтэнхеме. Компания Spirax Sarco воспользовалась случаем и пригласила в наш первоклассный технологический центр и лабораторию водяного пара на процедуру вручения награды более 40 действующих и бывших сотрудников. Это был костяк коллектива, принимавший активное участие в исследованиях, разработке, производстве и стимулированию продаж данного изделия.

Рассказывая о презентации розовой чаши, Саймон Спрэклинг, менеджер Группы по исследованиям и разработке, сказал: «Эта награда является доказательством опыта, знаний, способностей и навыков всех тех, кто участвовал в разработке этого изделия, и признанием того, что рабочая группа действительно способна осуществлять такие инновационные разработки».

На презентации Дама Джанет Троттер сказала: «Я рада находиться здесь, и вручить компании Spirax Sarco ее первую Королевскую премию за деятельность в области инноваций. У вас прекрасная компания с большим опытом работы в Великобритании и на международном рынке. Я надеюсь, что эта награда поможет вам добиваться дальнейших успехов.

После презентации Дама Джанет Троттер заметила, что присутствие членов рабочей группы придало презентации особенные черты, благодаря которым ее смогли посетить и запомнить многие.

Компания Spirax Sarco была рада получить свою первую королевскую премию в год 50-летнего юбилея основания этой премии. Данная награда является наиболее престижной в Великобритании премией в области бизнеса, присуждаемой британским компаниям за выдающиеся достижения в бизнес-деятельности.

Расходомер TVA

Данное устройство обеспечивает надежное, точное и экономичное измерение расхода пара в сочетании с простой и быстрой процедурой установки в различных рабочих средах. Расходомер применяется во многих отраслях промышленности по всему миру, включая производство пищевых продуктов и напитков, в сфере здравоохранения, нефтехимии и др. В конструкции расходомера применена технология переменной площади сечения и использован специально разработанный датчик и уникальные математические алгоритмы. Одно из преимуществ конструкции заключается в способности расходомера измерять расход в очень широком диапазоне. Получая эту информацию, потребители пара могут повысить энергетическую эффективность, уменьшить выбросы углекислого газа и снизить финансовые затраты.

В линейку продукции входят устройства с различным сечением, расходомеры, рассчитанные на работу с перегретым паром, а также устройства с автономным источником питания и модулем беспроводной связи, что позволяет нам осуществлять поддержку наших клиентов, использующих оборудование для решения широкого спектра задач в различных областях промышленности.

Заявка читателя

Если Вы хотите получить информацию об оборудовании Spirax Sarco, посетить обучающий семинар или получить консультацию от эксперта Spirax Sarco, просто заполните данную форму и отправьте нам по факсу (812) 640-90-43 или по e-mail: spirascope@ru.spiraxsarco.com
Сразу после обработки запроса сотрудник Spirax Sarco свяжется с Вами.

Пожалуйста, отметьте интересующие Вас позиции:

Посещение семинаров

- ☐ 01/10 – Тула
- ☐ 01/10 – Нижний Новгород
- ☐ 08/10 – Смоленск
- ☐ 08/10 – Ульяновск
- ☐ 14/10 – Пермь
- ☐ 15/10 – Архангельск
- ☐ 15/10 – Иваново
- ☐ 29/10 – Тверь
- ☐ 11/11 – Калуга
- ☐ 12/11 – Киров

Уважаемые читатели!

Мы будем рады узнать Ваше мнение о нашем журнале. Свои замечания, вопросы и пожелания пожалуйста присылайте на E-mail: spirascope@ru.spiraxsarco.com

Заказ литературы:

- ☐ Брошюра «Области применения оборудования для пара и конденсата»
- ☐ Каталог «Оборудование Spirax Sarco для пароконденсатных систем»

Ребус

☐

Другое (Ваш вопрос) _____

_____

_____

Пожалуйста, укажите свою контактную информацию, чтобы наш сотрудник мог связаться с Вами:

ФИО_____

Компания_____ Должность_____

Контактный телефон_____ E-mail_____

Индекс_____ Адрес_____

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

Вы можете послать запрос через web сайт, нажав кнопку

ПОСЛАТЬ ЗАПРОС