

Rosemount Measurement, Inc.

Влияние неисправности конденсатоотводчика на работу технологического оборудования

Содержание

Введение	2
Исходные данные	2
Назначение конденсатоотводчиков	2
Повреждение конденсатоотводчиков в закрытом положении	2
Гидравлический удар	2
Термодинамический кпд	2
Удары капель жидкости о технологическое оборудование	3
Скачки давления/разрыв паропровода	3
Пломка конденсатоотводчиков в открытом положении	4
Рост затрат на топливо	4
Увеличение нагрузки котла	4
Частота отказов конденсатоотводчиков.....	4
Проверка конденсатоотводчиков вручную	5
Мониторинг состояния конденсатоотводчиков в режиме реального времени	6
Финансовые убытки от неисправных конденсатоотводчиков	6
Уравнение Напье	7
Распределение размеров конденсатоотводчика	7
Критические конденсатоотводчики	8
Опыт предприятий	8
Крекинг-печь по производству этилена	8
Кукурузоперерабатывающий завод.....	9
Нефтеперерабатывающий завод (SRC)	10
Заключение	11

Введение

В настоящем документе приведены исходные данные о назначении и неисправностях конденсатоотводчиков, о последствиях таких неисправностей и способах их выявления. Несмотря на представленный широкий обзор традиционных и новых методов внедрения систем контроля состояния конденсатоотводчиков, для поиска наиболее подходящего для вас решения потребуется провести совместную работу с Rosemount, Inc.

Исходные данные

Назначение конденсатоотводчиков

Качество пара, выходящего из котла паровой системы, составляет почти 100% (доля насыщенной смеси, т.е. пара). По мере распределения пара на предприятии происходит потеря тепла, конденсация пара и скопление конденсата в нижних точках. Скопление конденсата в паропроводах приводит к ряду последствий, информация о которых приведена в разделе о повреждении конденсатоотводчика в закрытом положении.

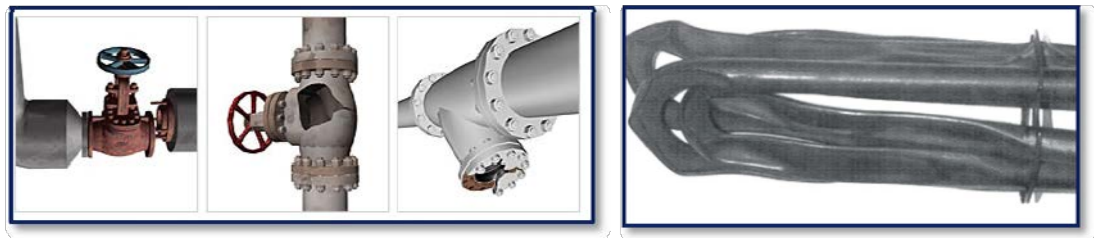
В целом, использование конденсатоотводчиков позволяет избежать следующих негативных последствий:

- Опасность получения производственной травмы персоналом и повреждения оборудования
- Отрицательное влияние на производительность предприятия и качество продукции
- Рост затрат на техническое обслуживание
- Рост расхода топлива и, соответственно, затрат на топливо
- Угроза несоответствия экологическим стандартам и недостижения целевых показателей состояния окружающей среды

Повреждение конденсатоотводчиков в закрытом положении

Гидравлический удар

Гидравлический удар происходит в результате включения жидкости между слоями пара с последующим быстрым увеличением скорости ее движения. При ускорении жидкости может возникнуть эффект удара, который приводит к серьезному повреждению оборудования предприятия.



Повреждения трубопроводов и труб теплообменника, вызванные гидравлическим ударом

Термодинамический КПД

Жидкость, не отведенная из паровой системы, скапливается в нижних точках системы и оборудования предприятия. Чаще всего скопление жидкости наблюдается в теплообменниках. Она покрывает трубы теплообменника, ухудшая теплопередачу и замедляя производственный процесс, что приводит к нежелательным последствиям для качества продукции и общей производительности.

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования

Например, на одном предприятии по изготовлению шин поломка конденсатоотводчика привела к утрате контроля за температурой производственного процесса. В результате нарушения температурного режима пришлось переделывать все партии изделий, что повлекло за собой многомиллионный ущерб.

Удары капель жидкости о технологическое оборудование

Если конденсатоотводчики не удаляют воду из паровой системы, то капли жидкости увлекаются потоком пара. Такая жидкость может привести к износу и повреждению внутренних компонентов технологического оборудования и, как следствие, к большим затратам на ремонт оборудования, а также к возникновению опасности для персонала предприятия.

- Утечки из труб теплообменника
- Повреждение лопаток турбины
- Износ стенки с наружной стороны отводов



Следы ударов капель жидкости о лопатки турбины

Скачки давления/разрыв паропровода

По причине снижения давления в системе при температуре насыщения происходит испарение конденсата. Снижение давления в системе может быть вызвано открытием любого клапана, за которым следует резкий скачок давления в результате испарения конденсата. Это может привести к повреждению компонентов системы и трубопровода, что ставит под угрозу оборудование и безопасность персонала.



Разрыв паропровода привел к четырем летальным случаям

Поломка конденсатоотводчиков в открытом положении

В случае поломки в открытом положении конденсатоотводчики постоянно выпускают пар. Несмотря на наличие специальной диафрагмы в конденсатоотводчике, потери пара могут быть значительными.

Рост затрат на топливо

Другим типом неисправности конденсатоотводчика является поломка в открытом положении или в положении «пропуска», в котором пар непрерывно проходит через конденсатоотводчик. Хотя такая поломка не ставит под угрозу технологический процесс или безопасность персонала, но в итоге приводит к большому финансовому ущербу предприятия. Каждый конденсатоотводчик оборудован диафрагмой, ограничивающей количество пара/конденсата, проходящего через конденсатоотводчик в открытом положении. Однако потери пара через конденсатоотводчики, установленные на высоконапорных паропроводах большого диаметра, могут достигать свыше 600 фунтов массы/час. В зависимости от себестоимости пара на предприятии ущерб от одного неисправного конденсатоотводчика может составлять более 30 000 долларов в год.

Увеличение нагрузки котла

По мере старения оборудования предприятия увеличивается количество утечек пара, и производительность предприятия падает. Зачастую увеличение нагрузки котла носит искусственный характер. На одном нефтеперерабатывающем предприятии подсчитали, что 20% от объема произведенного пара уходит на искусственную нагрузку. Причем утечка пара происходит в основном через неисправные конденсатоотводчики. Если бы на предприятии не был произведен ремонт конденсатоотводчиков, то пришлось бы затратить значительные средства на увеличение мощности существующих котлов или даже установить дополнительный котел. Уменьшение потерь пара через конденсатоотводчики снижает искусственную нагрузку и устраняет необходимость в расширении мощностей.

Ввиду возникающей опасности и отрицательного влияния неисправных конденсатоотводчиков на производственный процесс многие операторы предпочитают открыть перепускные клапаны таких конденсатоотводчиков. Такая мера уменьшает опасность и отрицательное влияние неисправности конденсатоотводчиков на производственный процесс, но приводит к росту расхода топлива котлом и поглощению избыточной мощности. Это увеличивает расходы на топливо и негативное воздействие на окружающую среду вследствие сжигания большего объема ископаемого топлива.

Частота отказов конденсатоотводчиков

При рассмотрении частоты отказов оборудования на предприятии необходимо проанализировать лежащую в основе частоту отказов или частоту отказов конденсатоотводчиков. Причиной более высокого уровня отказов оборудования на предприятии могут быть невыявляемые и/или неустраняемые годами поломки конденсатоотводчиков.

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования

В разговоре с операторами предприятий мы часто слышим, что частота отказов, выявляемая при ежегодных проверках, составляет свыше 35%. Это обычно указывает на наличие неисправных конденсатоотводчиков, а не на высокую частоту отказов, лежащую в основе данного показателя.

“Нам известно, что если мы не будем проводить плановую проверку и ремонт конденсатоотводчиков, то через несколько лет частота отказов составит от 25 до 35%... А расходы на топливо будут расти на 8-10% в год.”

- Дэн Дворак, DuPont Engineering Technology

Вероятнее всего, лежащая в основе частота поломок конденсатоотводчиков составляет 15-20% в год.

“Срок службы конденсатоотводчиков среднего качества составляет всего 4 года (т.е. частота отказов составляет 25%), тогда как конденсатоотводчики более высокого качества могут прослужить 8 лет при средней частоте отказов 12,5%.”

- Риско Дж., «Эксплуатация конденсатоотводчиков», Chemical Engineering Progress, февраль 2011 г.

Проверка конденсатоотводчиков вручную

На многих предприятиях проверки паровой системы проводятся один раз в год, в результате чего в течение длительного периода не устраняются неисправности конденсатоотводчиков, которые ставят под угрозу безопасность и эффективность производственного процесса и наносят значительный финансовый ущерб. Чем больше у оператора будет информации о состоянии конденсатоотводчиков, тем лучше он сможет запланировать и провести техническое обслуживание, тем самым снижая отрицательное влияние поломок конденсатоотводчиков и улучшая состояние всей системы.

Самые эффективные программы по проверке паровой системы вручную включают сбор данных о потоке (как правило, по акустическому шуму) и температуре. Эксплуатационный персонал или персонал сторонней организации считывают требуемые данные с каждого конденсатоотводчика. В лучшем случае, в памяти прибора содержатся данные по типу, размеру конденсатоотводчика и рабочему давлению и фактические параметры сравниваются с заданными значениями. Некоторыми приборами такое сравнение производится за 15 секунд.

Интервал в 15 секунд включает максимум два цикла при работе конденсатоотводчика в нормальном режиме. В большинстве случаев шумы потока существенно меняются (даже в конденсатоотводчике со сквозным потоком), что создает иллюзию нормальной работы оборудования. Кроме того, конденсатоотводчики работают только при активации паровой системы, в которой они установлены. Ежегодной проверкой охватываются только те конденсатоотводчики, которые установлены на работающем на момент проверки оборудовании. Таким образом, состояние 30% конденсатоотводчиков не проверяется вплоть до следующего года (а на следующий год оборудование, на котором установлены эти конденсатоотводчики, может снова быть отключено на момент проведения проверки).

Как правило, оператор сравнивает шумы потока и выносит заключение о состоянии конденсатоотводчика. Однако, конденсатоотводчики разного типа работают по-разному, поэтому характеристики потока и температура будут определяться нагрузкой, размером и типом

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования

конденсатоотводчика и другими факторами. Следовательно, проверка конденсатоотводчиков с целью получения точных сведений об их состоянии сопряжена со значительными затруднениями. Кроме того, проверяющие обладают различным уровнем подготовки и могут вынести разные заключения. Таким образом, результаты проверки могут быть не только неточными, но и непоследовательно неточными.

Мониторинг состояния конденсатоотводчиков в режиме реального времени

Современные достижения в области технологии измерительных приборов позволяют осуществлять непрерывный мониторинг состояния конденсатоотводчиков при сравнительно невысоких затратах. Новая технология обладает двумя значительными преимуществами:

- Получение данных о состоянии конденсатоотводчиков в режиме реального времени позволит вам произвести замену неисправных конденсатоотводчиков до того, как их поломка окажет отрицательное воздействие на производственные процессы и производительность.
- Непрерывный мониторинг позволяет более точно диагностировать состояние конденсатоотводчиков, чем 15-ти секундный "срез", выполняемый в ходе проверок вручную.

Финансовые убытки от неисправных конденсатоотводчиков

Точную сумму финансового ущерба от поломки конденсатоотводчиков в закрытом положении определить довольно трудно. Можно с легкостью вспомнить примеры любых инцидентов, начиная от разрывов паропроводов, повлекших за собой многомиллионные убытки, и заканчивая внеплановыми простоями и ремонтом оборудования. На одном крупном фармацевтическом предприятии из-за четырех закупоренных конденсатоотводчиков произошел сильнейший гидравлический удар, который привел к шестичасовому простоему производства и затратам на ремонт в размере 250 000 долларов США.

И как уже упоминалось выше, на одном предприятии по изготовлению шин поломка конденсатоотводчика привела к утрате контроля за температурой производственного процесса. В результате этого приходилось перевыпускать все партии изделий, что повлекло за собой многомиллионный ущерб от производственных и временных потерь.

Разрывы и неисправность паропроводов критического оборудования могут привести к вынужденным простоям, длящимся от нескольких дней до нескольких месяцев. Финансовый ущерб может быть колоссальным. Тогда как предвидеть неисправность, вызванную наличием жидкости в паровой системе, невозможно, практически все сходятся к одному: затраты, связанные с поломкой конденсатоотводчика в закрытом положении, значительно превосходят затраты, связанные с потерей энергии в случае поломки конденсатоотводчика в открытом положении. Поэтому, следуя нашей интуиции, мы расположили такие поломки на первое место по размеру наносимого ущерба. Это подтверждается и тем, что операторы предпочитают открывать перепускной клапан конденсатоотводчика, вышедшего из строя в закрытом положении, для отвода конденсата, хоть и за счет увеличения потерь пара.

Финансовый ущерб от поломки конденсатоотводчика в открытом положении рассчитать гораздо проще. Поскольку такой финансовый ущерб намного ниже, чем при поломке конденсатоотводчика в закрытом положении, мы часто принимаем упрощающее и консервативное допущение, принимая стоимость поломки конденсатоотводчика в открытом положении к стоимости поломки конденсатоотводчика в закрытом положении.

Уравнение Напье

Джон Напье вывел уравнение для расчета потока пара через диафрагму. Поскольку в каждом конденсатоотводчике для уменьшения потери пара в случае поломки в открытом положении установлена внутренняя диафрагма, данное уравнение широко применяется для оценки потерь пара в случае выхода из строя конденсатоотводчика.

$$W = 24,24 * Pabs * D^2, где$$

W = потеря пара (фунтов массы/час)

24,24 = константа

$Pabs$ = абсолютное давление пара (фунтов на кв. дюйм)

D = диаметр внутренней диафрагмы

Например, конденсатоотводчик с диафрагмой диаметром 3/16 дюйма установлен в паровой системе с давлением пара 250 фунтов на кв. дюйм. На основании этих данных мы можем рассчитать потерю пара через конденсатоотводчик, вышедший из строя в открытом положении.

$$W = 24,24 * Pabs * D^2, где$$

$$W = 24,24 * (250 \text{ фунтов на кв.дюйм} + 14,7 \text{ фунтов на кв.дюйм}) * (3/16 \text{ дюйма})^2$$

$$W = 225,6 \text{ фунтов массы/час}$$

Мы можем использовать стоимость пара для технологической установки, чтобы определить размер финансового ущерба от поломки конденсатоотводчика в открытом положении. Как правило, стоимость пара составляет 10 долларов США за 1000 фунтов массы, таким образом:

$$\text{Ущерб (долл. США/год)} = \text{Потеря пара (фунтов массы/час)} * \text{Стоимость пара (долл. США/1000 фунтов массы)} * 8760(\text{час/год})$$

$$\text{Ущерб (долл. США/год)} = \frac{225,6 \text{ фунтов массы}}{\text{час}} * \frac{10 \text{ долл. США}}{1000 \text{ фунтов массы}} * \frac{8760 \text{ часов}}{\text{год}}$$

$$\text{Ущерб} = 19762 \text{ долларов США/год}$$

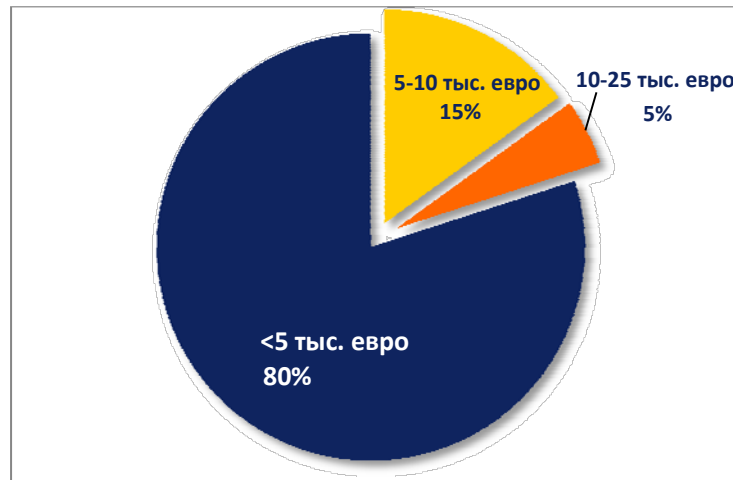
Согласно полученным результатам, ущерб от поломки данного конденсатоотводчика составляет приблизительно 20 тыс. долл. США в год.

Распределение размеров конденсатоотводчика

Приведенный выше пример полезен в двух отношениях. Во-первых, он показывает, как можно определить и рассчитать влияние на различные типы паровых установок. Эта информация используется при принятии решений о распределении важных ресурсов для технического обслуживания. Во-вторых, приведенный пример отображает типичный финансовый ущерб от поломки конденсатоотводчика. Но является ли такой ущерб типичным? И да, и нет.

Не следует забывать, что конденсатоотводчики бывают разного размера. Как следует из уравнения Напье, величина потока через диафрагму зависит от давления пара и размера конденсатоотводчика. Хотя каждое предприятие построено по индивидуальному проекту, мы можем в общем представить количество и размер используемых конденсатоотводчиков. Для удобства разобьем размеры конденсатоотводчиков на группы по уровню финансового ущерба от их поломки.

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования



Конденсатоотводчики по стоимости неисправно

Как показано на графике, большая часть конденсатоотводчиков не наносит такой финансовый ущерб, как было рассчитано в приведенном выше примере. Поломки значительной части конденсатоотводчиков наносит очень большой финансовый ущерб. Мы называем их "критическими конденсатоотводчиками". Это только один из аспектов, которые необходимо рассматривать при выявлении таких конденсатоотводчиков.

Критические конденсатоотводчики

Для выявления критических конденсатоотводчиков необходимо рассмотреть несколько факторов. Важно помнить, что потеря энергии в результате поломки конденсатоотводчика в открытом положении наносит меньший ущерб паровой системе, которая находится в неоптимальном состоянии. Критическими считаются конденсатоотводчиков, которые:

- Защищают критическое оборудование предприятия
- Оказывают сильное влияние на производственные процессы в случае выхода из строя
- Установлены на высоконапорных трубопроводах большого диаметра
- Характеризуются высоким уровнем отказов

Опыт предприятий

Ниже приведены примеры конкретных предприятий, которые столкнулись с производственными проблемами, возникшими в результате неисправности конденсатоотводчиков, а также приведен анализ данных проблем. В каждом случае мы определили критические конденсатоотводчики и сообщили о преимуществах внедрения на производстве системы непрерывного мониторинга.

Крекинг-печь по производству этилена

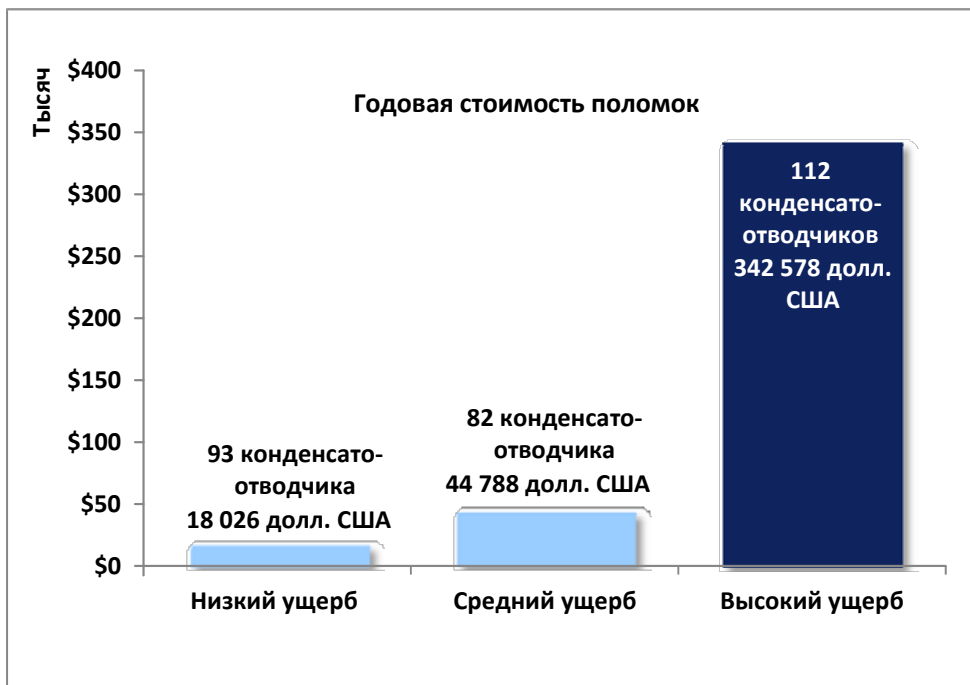
Крекинг-печи по производству этилена потребляют большой объем пара. Любые меры, принимаемые на таком производстве по сокращению расходов на топливо, оказывают большое влияние на итоговые показатели. Чтобы помочь им выявить критические конденсатоотводчики, определить их влияние на итоговые показатели и оценить финансовый эффект внедрения системы мониторинга и технического обслуживания в режиме реального времени, мы проанализировали конструкцию и работу паровой системы предприятия.

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования

На этом предприятии проверку конденсатоотводчиков вручную проводила сторонняя организация с периодичностью один раз в полгода. При этом осматривались не все конденсатоотводчики, а то только те, которые считались наиболее критическими. В результате применения такого подхода годовой уровень отказов составлял 18,6%.

Зная уровень отказов и размер используемых конденсатоотводчиков, мы смогли определить, что финансовый ущерб от их поломок составил 405 392 доллара США в год. Проанализировав состояние критических конденсатоотводчиков, мы выяснили, что ущерб от поломок 112 конденсатоотводчиков (39% от общего количества осмотренных конденсатоотводчиков) составил 342 578 долларов США (или 84,5% от общего ущерба). Установка приборов непрерывного мониторинга на данных 112 критических конденсатоотводчиков позволит сразу же экономить указанную выше сумму, за счет чего затраты на установленные приборы окупятся в течение нескольких месяцев.

Общее количество конденсатоотводчиков	247
Конденсатоотводчики, вышедшие из строя в закрытом положении	12
Конденсатоотводчики, вышедшие из строя в открытом положении	11
Общее количество поломок конденсатоотводчиков	23
Уровень отказов за полгода	9,3%
Годовой уровень отказов	18,6%



Кукурузоперерабатывающий завод

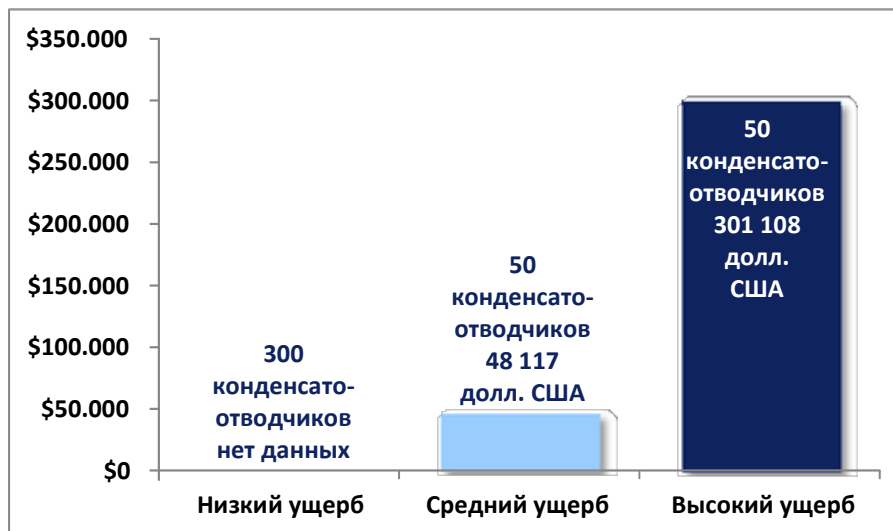
Конденсатоотводчики используются в различных отраслях промышленности. Если технологией предусмотрено применение пара, то на паропроводах в обязательном порядке устанавливаются конденсатоотводчики. Другое предприятие, на котором мы проводили анализ существующей системы конденсатоотводчиков, получило аналогичные результаты.

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования

Мы изучили данные, предоставленные этим предприятием об основных 100 конденсатоотводчиках (общее количество составляет свыше 400 конденсатоотводчиков). Парораспределительная система с рабочим давлением 150 фунтов на кв. дюйм оборудована конденсатоотводчиками двух типоразмеров. Анализ ущерба от поломок конденсатоотводчиков показал самое оптимальное место, откуда можно было внедрить систему непрерывного мониторинга.

150 фунтов на кв. дюйм		
Диаметр диафрагмы	1/2 дюйма	1/5 дюйма
Кол-во конденсатоотводчиков	50	50
Ущерб от поломки	40 148 долларов США	6 424 долларов США

Используя показатель годового уровня отказа 15%, мы смогли определить финансовый ущерб от поломки критических конденсатоотводчиков относительно общего количества существующих конденсатоотводчиков. В данном случае на 12,5% конденсатоотводчиков приходится 38% от общей потери пара на предприятии. Потенциальная экономия составляет 301 108 долларов США в год.



Нефтеперерабатывающий завод (SRC)

Крупный нефтеперерабатывающий завод, который недавно установил 50 приборов контроля конденсатоотводчиков, относился скептически к способности временно установленной системы оперативного мониторинга предоставлять более точные сведения, чем завод получал методом ежегодных проверок вручную. Специалисты завода полагали, что погрешность результатов проверок вручную составляет 95-97%. Сначала была установлена система оперативного мониторинга 24 конденсатоотводчиков, которые, по результатам проверки, находились в хорошем состоянии. Система сразу же показала, что 16 конденсатоотводчиков неисправны. Для проверки показаний системы были направлены представители сторонней организации, которые подтвердили, что все 16

Влияние неисправности конденсатоотводчиков на работу технологического оборудования

конденсатоотводчиков вышли из строя. Потенциальный финансовый ущерб от поломки данных 16 конденсатоотводчиков составлял бы 526 992 доллара США в год, если бы завод не предпринял меры по устранению выявленной неисправности.

Идент. номер конденсатоотводчика	Статус конденсатоотводчика	Температура штока	Тип конденсатоотводчика	Критический	Временная метка изменения состояния	Идент. номер контр. прибора
ST1-02		144,2°C	Поплавковый		01.04.2013 13:39:22	ST1-02
ST1-03		129,7°C	Поплавковый		01.04.2013 13:33:14	ST1-03
ST2-02		159,3°C	Термостатический		01.04.2013 13:41:59	ST2-02
ST2-03		33,3°C	Термостатический		01.04.2013 13:32:59	ST2-03
ST5-01		1187°C	Поплавковый		01.04.2013 13:23:15	ST5-01
ST5-03		129,3°C	Термостатический		01.04.2013 13:27:42	ST5-03
ST5-04		149,1°C	Поплавковый		01.04.2013 13:23:33	ST5-04
ST6-02		126,4°C	Поплавковый		01.04.2013 13:23:31	ST6-02
ST6-03		146,3°C	Поплавковый		01.04.2013 13:23:21	ST6-03
ST8-01		216,1°C	Поплавковый		01.04.2013 13:37:05	ST8-01
ST8-02		137,3°C	Поплавковый		01.04.2013 13:37:02	ST8-02
ST8-03		229,6°C	Поплавковый		01.04.2013 13:36:45	ST8-03
ST9-01		121°C	Поплавковый		01.04.2013 13:37:10	ST9-01
ST9-02		132,3°C	Поплавковый		01.04.2013 13:37:33	ST9-02
ST9-03		216,4°C	Поплавковый		01.04.2013 13:37:17	ST9-03
ST9-04		221,5°C	Поплавковый		01.04.2013 13:37:35	ST9-04

Заключение

Для удаления конденсата из паропровода с целью защиты оборудования предприятия, обеспечения его высокой производительности и эффективности производственных процессов паровые системы оснащаются конденсатоотводчиками. Неисправность конденсатоотводчиков наносит существенный ущерб предприятию. Традиционным способом контроля состояния конденсатоотводчиков является проведение проверок вручную с привлечением сторонних организаций. В ходе данных проверок состояние конденсатоотводчиков оценивается исходя из шумов потока и температуры конденсатоотводчиков. Существенный недостаток такого метода заключается в том, что для оценки состояния конденсатоотводчика рассматривается кратковременный срез его работы, который не дает точной картины происходящего. Кроме того, при таком большом интервале проверок операторы предприятия на длительный срок подвергаются опасности, создаваемой неисправными конденсатоотводчиками.

Появление технологии беспроводных датчиков повысило экономическую целесообразность внедрения системы непрерывного мониторинга состояния наиболее критических конденсатоотводчиков. Для внедрения программы непрерывного мониторинга важно знать часть вашего процесса, в которой неисправность конденсатоотводчика приводит к максимальному ущербу. Для определения такой части процесса необходимо проанализировать такие факторы, как размер и уровень отказов конденсатоотводчиков, а также их расположение на предприятии и критичность оборудования, которое они защищают.