

Все электростанции разные, но кавитация – проблема общая

Mark Nord

Сегодня в мире насчитывается более 50 000 котлов, работающих на ископаемом топливе, и свыше 430 атомных станций, причем можно смело утверждать, что двух идентичных систем трубопроводной обвязки и управления не найти. Но при всем многообразии конструктивных решений и условий работы кавитация и порождаемые ею проблемы – общий удел всех систем, где есть высокие перепады давления на регулирующей арматуре.

Кавитация возникает, когда при прохождении критического сечения (*vc*) клапана скорость потока увеличивается до отметки, при которой давление нисходящего потока становится ниже давления насыщенного пара. В местах пониженного давления образуются парогазовые пузырьки. Затем, при замедлении скорости нисходящего потока и восстановлении давления до отметки выше давления насыщенного пара, пузырьки схлопываются или взрываются, при этом высвобождается значительное количество энергии, разрушающей внутренние металлические поверхности клапана и прилегающего трубопровода. Вибрация и чрезмерный шум – верный признак наличия кавитации, это означает высокий риск возникновения чрезмерных нагрузок на систему и, т.о., повреждений и отказов.

Калифорнийская ТЭЦ: Дилемма Котлового Барабана решена

Рассматривая самые уязвимые для кавитации системы электростанций, обратимся к ситуации, сложившейся на одной из ТЭЦ в Калифорнии. На этой станции используются два клапана в системе регулирования уровня питательной воды в барабане котла.

Здесь прежде всего следует заметить, что прекращение регулирования уровня воды в барабане весьма критично для работы станции, так как резкое снижение уровня может оголить трубы котла, что приведет к перегреву и разрушениям. И наоборот, чрезмерное его увеличение может стать помехой процессу отделения пара от влаги в барабане, что снизит эффективность котла, влага может попасть в технологические трубопроводы или в турбину.

Возвращаясь к калифорнийской ТЭЦ и ее клапанам: меньший из них, выпускной, измучил операторов станции

Mark Nord – менеджер по вопросам энергетики компании Emerson Process Management. В его функции входит техническая и коммерческая поддержка поставок арматуры FISHER предприятиям тепловой энергетики. E-mail: mark.nord@emerson.com.

Компания Emerson Process Management является одним из лидеров рынка промышленного оборудования и систем автоматизации технологических процессов.

В состав Emerson Process Management входят:

- **FISHER-ROSEMOUNT SYSTEMS** (автоматизированные системы управления);
- **FISHER CONTROLS** (запорные и регулирующие клапаны, приводы, позиционеры и др.);
- **ROSEMOUNT** (контрольно-измерительные приборы, аналитическое оборудование для жидкостей и газов и др.);
- **Micro Motion** (массовые и объемные расходомеры);
- **BROOKS** (трубопоршневые поверочные установки);
- **DANIEL** (приборы и системы для измерения расхода газа и нефти);
- **SAAB-ROSEMOUNT** (радарные измерители уровня в резервуарах);
- **Uniloc** (анализаторы жидкостей);
- **Emerson Process Management Power & Water Solutions** (панель Westinghouse – распределенные системы управления и информационные системы).

тем, что постоянно возбуждал кавитацию и эрозию, так что каждые шесть месяцев приходилось менять затворный узел – а это, между прочим, \$30,000 (не считая потерь от простоя)!

Поначалу надоевшую проблему попытались решить таким образом: оба клапана были оборудованы цифровыми контроллерами, и затем проведена серия тестов в надежде, что улучшение контура и модификация логики управления на основе цифровой диагностики снизит или даже полностью устранил проблему кавитации.

Увы, хотя в рамках такого подхода были произведены некоторые улучшения, оказалось, что ожидания не оправдались. И тогда, по совету местного поставщика арматуры, оба действующих клапана были заменены одним, класса герметичности V по ANSI, с типичным антикавитационным затворным узлом. Такой затворный узел снабжен характерной клеткой с отверстиями

специальной формы, диаметрально расположенными по периметру. Направляя поток через постепенно расширяющиеся области, клетка делает падение давления ступенчатым, поддерживая его выше точки кипения и тем самым избегая кавитации.

Благодаря устранению проблемы кавитации существенно снизились расходы на ремонт, и станция быстро окупилась инвестициями не только на замену клапанов, но и на соответствующую модификацию трубопровода. По последним данным с этой ТЭЦ, за все шесть лет, прошедших с момента установки нового клапана, ни одного ремонта не потребовалось.

АЕР: Проблема Парового Байпаса закрыта

В схожей ситуации оказалась компания АЕР (American Electric Power), на крупнейшей из станций которой, ТЭЦ «Джон. Е. Амос» в Западной Вирджинии, действуют два 816-ти мегаваттных котла с суперкритическими параметрами. В этих котлах предусмотрена система байпасов, которая может удерживать 1,4 миллиона фунтов рабочей среды в диапазоне температур от холодной воды до перегретого пара.

Обычная конструкция байпасной системы включает в себя шесть клапанов: два для первичного контура рециркуляции холодной воды и четыре для регулирования потока пара на последующих стадиях пуска. Ни один из этих клапанов на котлах станции «Амос» не имел защиты от кавитации, так что каждый плановый останов котла клапаны требовали ремонта, и порой из-за них даже приходилось задерживать пуск.

Программа модернизации станции «Амос» включила в себя замену всех шести клапанов на два клапана. Новые клапаны были оборудованы специфичным «трехступенчатым» затворным узлом. Специфика его состоит в пошаговом, ступенчатом процессе снижения давления рабочей среды, позволяющем удерживать давление в проходном сечении выше точки кипения и предотвращать кавитацию. А ведь в ходе инициации пуска котла вода под давлением 200 атм. протекает через клапаны в расшири-



Два уникальных цельнокованых клапана, способных не допускать кавитации при перепаде давления 550 атм, разработаны по специальному заказу для электростанции в Денвере, штат Колорадо

тель, в котором в этот момент давление минимальное. То есть, налицо характерные условия кавитации.

В процессе «разгона» котла при пуске температура среды и давление в расширителе нарастают, что чревато уже скорее вскипанием, нежели кавитацией. При таких условиях опасения должна вызывать эрозия, порождаемая за металлическим затворным узлом клапана увлекаемой движущимся с высокой скоростью паром водяной взвесью. Но так как затворный узел поставленных на замену клапанов содержит еще и металлическое компрессионное кольцо в седле под золотником, щелевой износ (эрозия) в затворе фактически отсутствует.

Приведенный пример показывает, что необходимо правильное понимание условий, имеющих место в клапане на каждой фазе пуска котла, чтобы учесть их в конструкции клапана. Ступенчатое снижение давления в клапане исключает условия для кавитации. А когда давление за клапаном нарастает, и опасность кавитации снижается, трехступенчатый затворный узел заодно позволяет увеличить пропускную способность. Еще один плюс такой конструкции в том, что она ограничивает скорость пара на выходе и, значит, снижает шум клапана.

Клапаны для байпаса пароперегревателя, подобные тем, что были установлены АЕР на ТЭЦ «Джон. Е. Амос», могут оказать огромное влияние на финансы электростанции. Благодаря устранению кавитации и проблем с шумом и предотвращению эрозии затвора, экономия на операционной деятельности и ремонтах может составить \$250,000 и более в год. Вот что значит правильный выбор арматуры!



Компания АЕР (American Electric Power) установила два клапана с антикавитационными затворами в ходе модернизации байпасной системы на котлах 1 и 2 своей станции «Джон. Е. Амос»

Электростанция в Колорадо: Большой клапан – верный ответ!

Третий наш рассказ о том, как обеспечить отсутствие кавитации и исключить разрушение клапана на контуре рециркуляции питательной воды при перепаде давления 550 атм и температуре 130° С. Такой результат был достигнут на новой угольной электростанции в Денвере (штат Колорадо) с помощью уникальной конструкции клапана с «пятиступенчатым» затворным узлом, а также самых современных цифровых контроллеров арматуры.

«Ступенчатый» затворный узел клапана направляет поток рабочей среды через последовательно расширяющиеся области, обеспечивающие постепенное, пошаговое падение давления. В итоге клапан работает с высокой эффективностью, так как более 90% общего перепада давления приходится на первые три ступени, где опасность образования пузырьков минимальна. На входе каждой из следующих ступеней давление уже гарантированно невысокое, с минимальной энергией потока на выходе из затворного узла в целом.

Конструкция затвора в данном уникальном клапане также предусматривает пространственное разделение отсекающей и регулирующей функций для того, чтобы избежать эрозии проходного сечения. На поверхность уплотнения в этом затворном узле не приходится существенного перепада давления, все заужения потока связаны исключительно со «ступенями» перепада давления.

В отличие от обычных «линейных» затворных узлов, в «ступенчатом» нигде нет такого места, где давление падало бы сразу с P_1 до P_2 .

Клапан снабжен цифровым контроллером с полной диагностикой работоспособности арматуры и с возможностью подключения к сетевой шине стандарта Foundation fieldbus. Уникальная черта сконструированного по специальному заказу клапана – это цельнокованные корпус с крышкой. Материал корпуса удовлетворяет требованиям стандарта ANSI 3700 (8450 psig [58 МПа] и 210° С) – это ковкая сталь марки F22, вес клапана 16000 фунтов (7,25 т). Тяжеловесный корпус был также подвергнут испытаниям при полуторном давлении (13000 psi), чтобы убедиться в наличии запаса прочности.

Кавитация – проблема решаемая

Приведенные выше примеры показывают, что, хотя кавитация несет в себе потенциальную угрозу системам распределения воды всех электростанций, есть различные технические ухищрения, которые могут минимизировать или решить проблему кавитационного износа. Если вместо того, чтобы менять, как перчатки, клапаны старых конструкций, станция единственный раз заменит их на новые клапаны с антикавитационным затвором, то она получит серьезный операционный и экономический эффект.

Статья впервые опубликована в журнале Valve Magazine (издание Американской ассоциации производителей арматуры), №4 (22) 2010 г. Перевод и литературная обработка А. Горелова

• новости • события • факты • новости • события • факты • новости • события • факты • новости • события • факты •



Правительство РФ утвердило технический регламент о безопасности сетей газораспределения и газопотребления

Правительство РФ утвердило постановлением от 29 октября №870 технический регламент «О безопасности сетей газораспределения и газопотребления». Документ вступает в силу по истечении 12 месяцев со дня официального опубликования.

Действие технического регламента распространяется на сети газораспределения и сети газопотребления, а также на связанные с ними процессы проектирования (включая инженерные изыскания), строительства, реконструкции, монтажа, эксплуатации (включая техническое обслуживание, текущий ремонт), капитального ремонта, консервации и ликвидации. Требования технического регламента не распространяются на сеть газопотребления жилых зданий.

Текст регламента доступен на сайте Правительства РФ: government.ru

Россия построит АЭС и исследовательский реактор в Венесуэле

Департамент коммуникаций Госкорпорации «Росатом» сообщил, что 15 октября 2010 года в присутствии президентов России Дмитрия Медведева и Венесуэлы Уго Чавеса в Кремле было подписано соглашение между правительствами двух стран о сотрудничестве в развитии атомной энергетики Венесуэлы, строительстве и эксплуатации на территории Венесуэлы АЭС и исследовательского реактора.

Соглашение подписали генеральный директор Госкорпорации «Росатом» Сергей Кириенко и министр иностранных дел Венесуэлы Николас Мадуро.

Соглашение предусматривает не только строительство по российской технологии под ключ двухблочной АЭС (мощность каждого реактора – 1200 МВт),

но и сооружение исследова-

тельского реактора дляработки радиоизотопов, которые предполагается использовать в медицине, сельском хозяйстве и других сферах экономики.

Согласно документу, стороны также планируют сотрудничать в создании на территории Венесуэлы инфраструктуры, необходимой для перехода к активной фазе строительства атомной станции и исследовательского реактора.

Справочно:

Российско-венесуэльское сотрудничество в области мирного использования атомной энергии регулируется межправительственным соглашением в области использования атомной энергии в мирных целях, подписанным 26 ноября 2008 года.

Информация с сайта: www.rosatom.ru