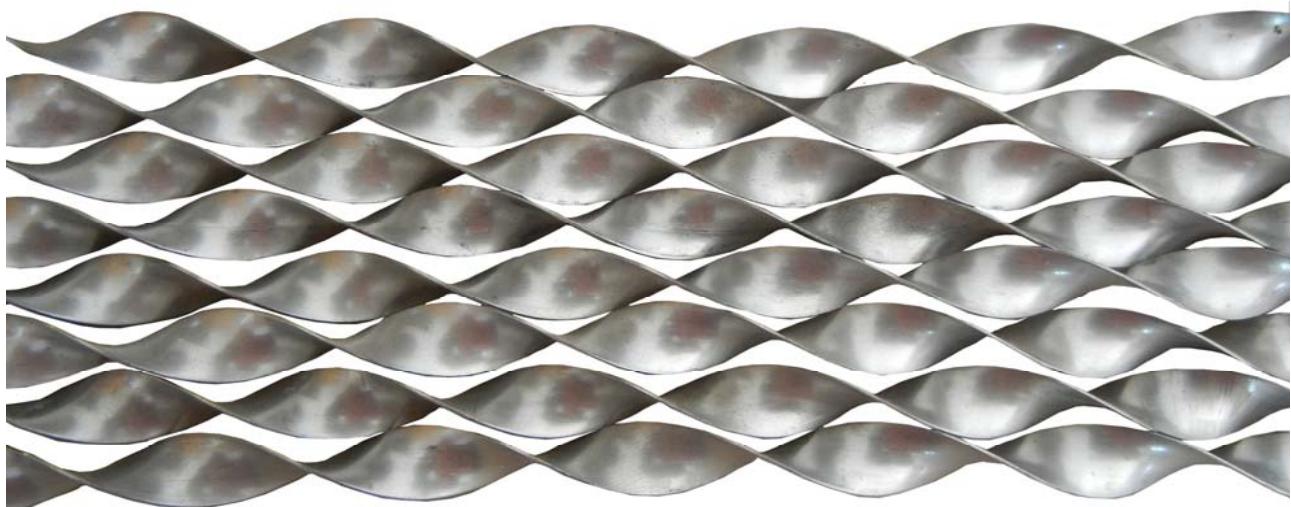


EAC



ЭЛЕМЕНТЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ



ТУРБУЛИЗАТОРЫ

Краткое руководство по эксплуатации

Описание турбулизаторов и необходимость их применения

Турбулизаторы, применяемые в паровых котлах серии BHP и BLP, производства "I.VAR Industry S.r.l." имеют конструкцию витой ленты.

Турбулизаторы данной конструкции, устанавливаются в вышеуказанных паровых котлах работающих во всех отраслях и характерны высоким коэффициентом теплопередачи, компактной и простой конструкцией и удобным обслуживанием и заменой.

Компьютерной программой, в которую вносятся все параметры технологического оборудования, рассчитывается теплопередача, конструкция и параметры турбулизаторов.

Турбулизатор состоит из металлической полосы из нержавеющей стали с точно рассчитанным количеством витков и профилем для того, чтобы создать необходимую турбулентность в дымогарной трубе и направить поток дымовых газов по концентрическому пути через эту дымогарную трубу.

Применения турбулизатора увеличивает эффективность теплопередачи и повышает коэффициент полезного действия оборудования.

Дополнительно к увеличению теплопередачи, конструкция турбулизатора с витой лентой производит особый эффект с перемешиванием всех элементов в потоке дымовых газов, что предотвращает возможный осадок несгораемых и твердых частиц на внутренних поверхностях нагрева дымогарных труб, в которых установлены эти турбулизаторы.

Конструкция витой ленты обеспечивает простой пассивный способ усиления теплопередачи путем создания завихрения в объемном потоке и предотвращение осадков и накопительных слоев на поверхностях труб.

Установка турбулизаторов с витой лентой в дымогарных трубах увеличивает теплопередачу с коэффициентом 1,5 - 3,0 в зависимости от условий потока и геометрии турбулизатора.

Ширина ленты влияет на теплопередачу только в более высоких диапазонах числа Рейнольдса. Коэффициент трения для трубы с витой лентой увеличивается от 3 до 7 раз по сравнению с обычной трубой для соответствующего $Re = 500$ и $Re = 2300$.

Уменьшение в ширине ленты незначительно влияет на коэффициент трения.

Турбулизаторы рассчитываются на правильный зазор между стенами дымогарных труб. Для более низких чисел Рейнольдса могут быть применены турбулизаторы с большим зазором, вместо плотно установленных турбулизаторов.

Скорость теплопередачи и коэффициент трения уменьшаются при увеличении расстояния между краями турбулизатора и стенами дымогарной трубы.

Плотно установленные турбулизаторы обеспечивают характеристики теплопередачи лучше чем турбулизаторы с большими зазорами.

Характеристика турбулизатора с конструкцией "Витая Лента".

Толщина δ (мм) Ширина ленты, w (мм) Шаг поворота, H (мм)

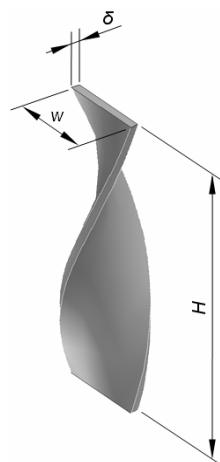
Коэффициент кручения, H/w

Коэффициент кручения также влияет на коэффициент теплопередачи h , который рассчитан по формуле $h = Q / A \Delta T$, где

Q = скорость теплопередачи

A = площадь теплопередачи

ΔT = Средний перепад температуры



Оптимальная теплопередача осуществляется при правильном коэффициенте кручения в зависимости также от характеристик потока.

Более высокие коэффициенты кручения по расчетам уменьшают эффективный коэффициент теплопередачи. Применение турбулизаторов с витой лентой и коэффициентом кручения до 3,0 по расчетам увеличивают коэффициент теплопередачи от 100 % до 170% по сравнению с трубами без турбулизаторов.

Средние соотношения коэффициентов теплопередачи (h/h_o) труб с турбулизаторами к трубам без турбулизаторов в диапазоне 2,1 - 2,6.

С применением турбулизаторов увеличивается перепад давления в дымогарных трубах и соответствующее противодавление со стороны дымовых газов.

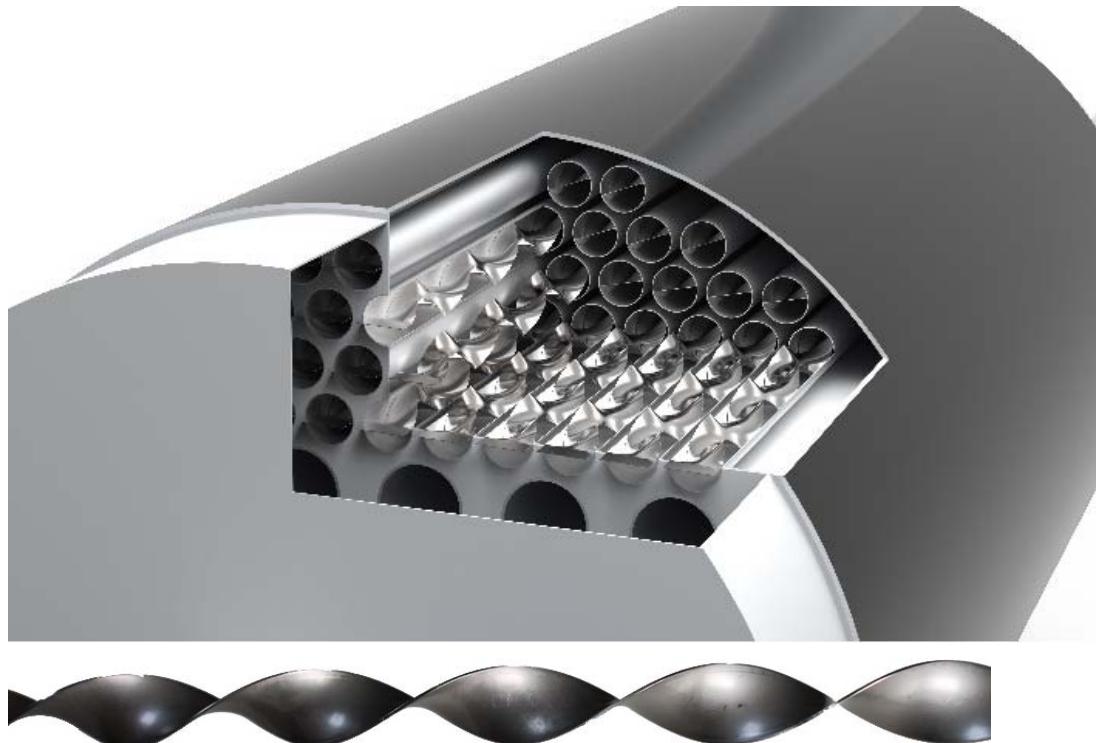
Высокие коэффициенты кручения не означают увеличение в перепаде давления. В зависимости от потока и состава дымовых газов перепад давления для турбулизаторов с разными коэффициентами кручения может различаться в диапазоне от 15 % до 40 %.

Увеличение в перепаде давления в дымогарных трубах с турбулизаторами по сравнению с обычными трубами в зависимости от конструкции и рабочих параметров может быть в диапазоне от 100 % до 400 %.

Увеличенный перепад давления в дымогарной трубе с применением турбулизатора с витой лентой создается в основном вихревым потоком.

Конструкция турбулизатора также влияет на распределение температурной нагрузки по всей длине и поверхности дымогарной трубы.

Турбулизаторы с более низким коэффициентом кручения обеспечивают более равномерное и оптимальное распределение температуры вдоль поверхности трубы, по сравнению с турбулизаторами с высоким коэффициентом кручения.



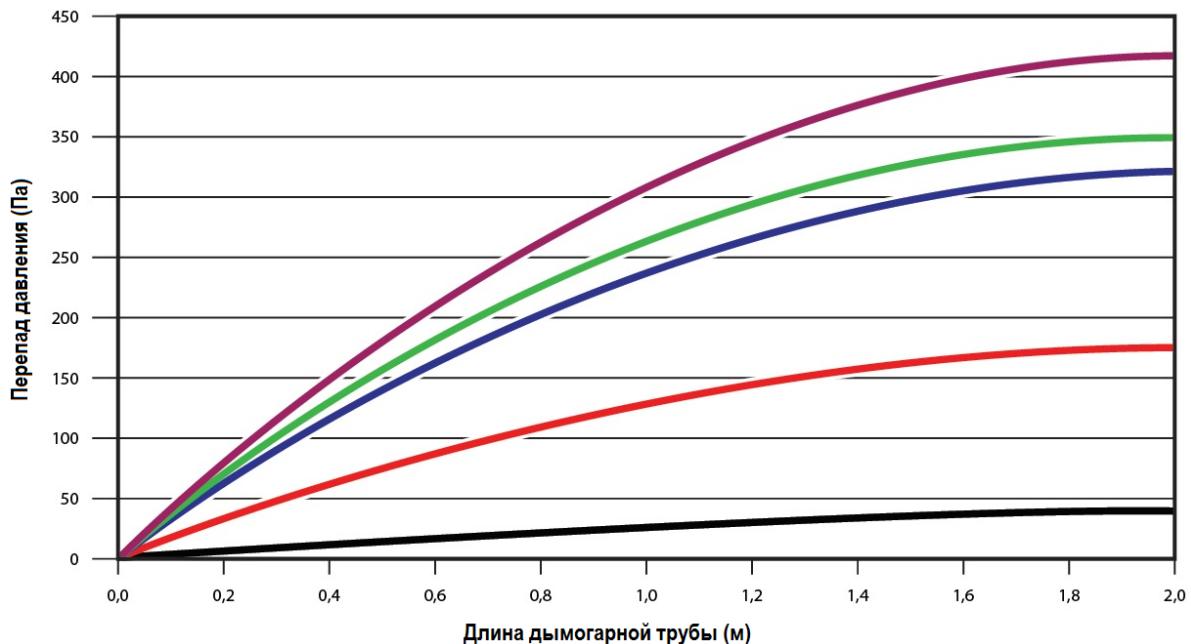
Применение турбулизаторов обеспечивает значительное улучшение конвективных коэффициентов и теплопередачи в контуре дымовых газов при правильном, расчетном и беспрепятственном потоке в дымогарных трубах. Возможно снижение расхода топлива с применением турбулизаторов; однако

улучшение коэффициентов конвекции не может привести к улучшению соотношения один к одному в КПД котлоагрегата.

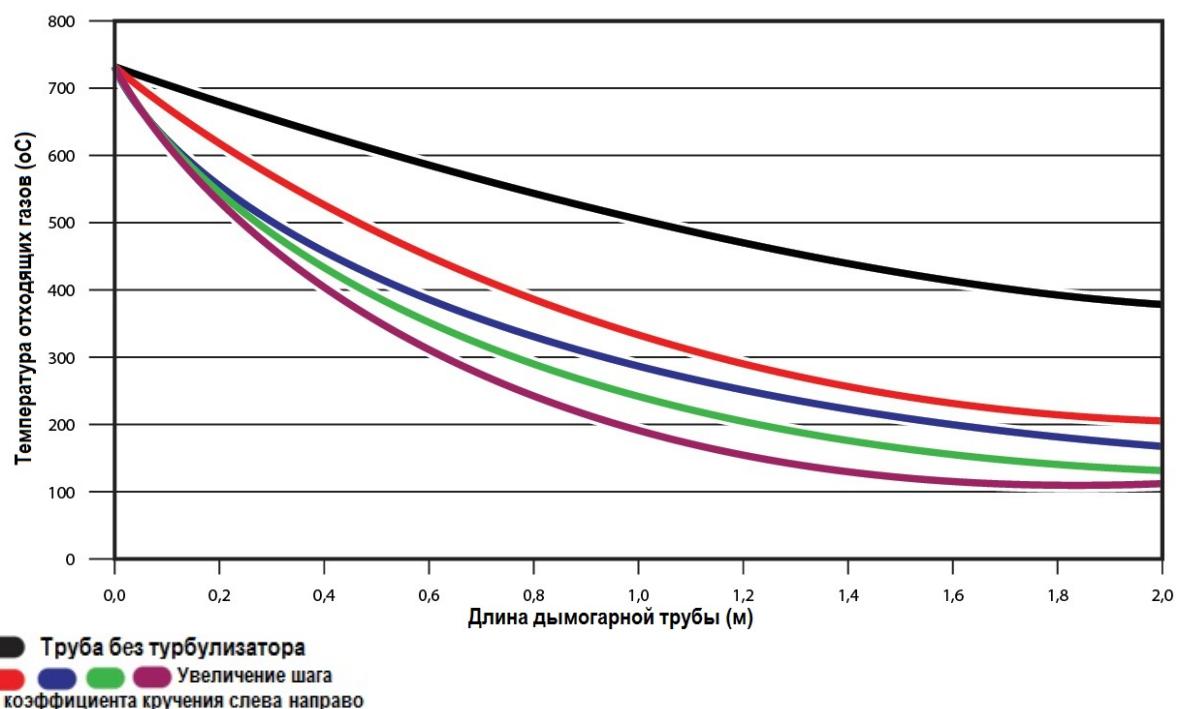
Улучшение всех коэффициентов со стороны дымовых газов, является только одним из факторов среди других, включая регулировки соотношения топлива и воздухе, чистота камеры сгорания и дымогарных труб и присутствующие сопротивления потокам топлива/воздуха/дымовым газам, которые влияют на снижения расхода топлива и увеличения КПД котлоагрегата в целом.

При расчете КПД котлоагрегата с турбулизаторами в дымогарных трубах также необходимо принять в учет возможные изменения в потоках и всех коэффициентов, включая теплопередачи в водяном и паровом контуре, связанные с увеличением коэффициента теплопередачи в контуре дымовых газов.

Пример графика перепада давления на метр длины дымогарной трубы в зависимости от шага, поворота и коэффициента кручения.



Пример графика температуры отходящих газов на метр длины дымогарной трубы в зависимости от шага, поворота и коэффициента кручения.



Графики приведены при установке турбулизаторов в дымогарных трубах жаротрубных паровых котлов серии ВНР и ВЛР с температурой отходящих газов в диапазоне 800 °С и температурой питательной воды 70 °С.

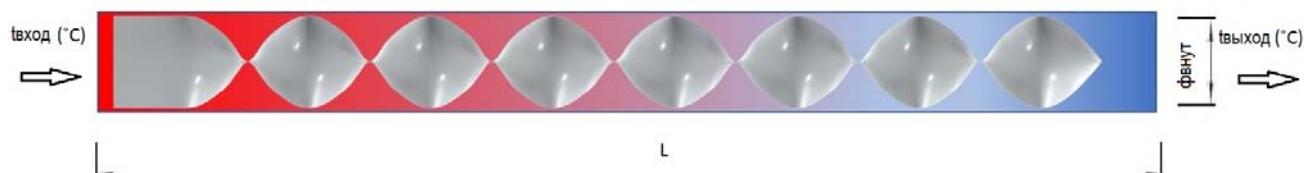
Турбулизаторы имеют значительное влияние на конвективную теплопередачу в дымогарных трубах. С увеличением шага поворота и коэффициента кручения турбулизатора увеличивается перепад давления и коэффициент теплопередачи.

С применением турбулизаторов коэффициент теплопередачи дымогарных труб увеличивается до 300 %. Коэффициент трения увеличивается до 8-и раз по сравнению с трубой без турбулизаторов.

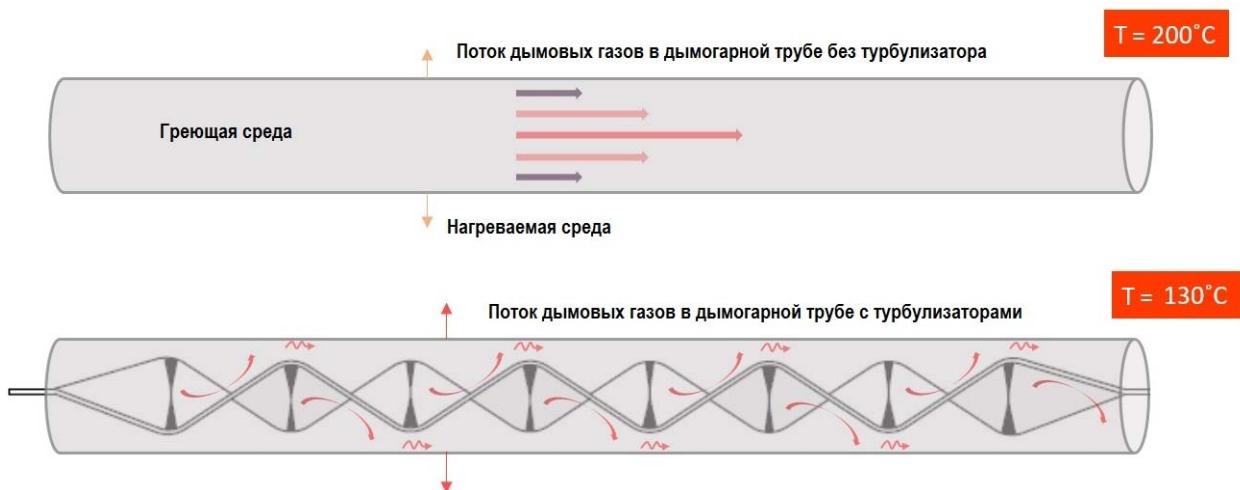
С применением турбулизаторов для достижения требуемого теплообмена возможное уменьшение общей длины дымогарных труб от 35 % до 50 %.

Точный расчет позволяет максимальную возможную теплопередачу с учетом минимального возможного сопротивления, что имеет прямое отражение в рабочих параметрах оборудования, в том числе производительность, распределение термических нагрузок и КПД.

Схематичное расположение турбулизатора в дымогарной трубе с контрольными параметрами



Схематичное изображение потоков в дымогарных труб



Инструкция по установке, обслуживанию и замене турбулизаторов

Все действия должны производится только на отключенном и холодном котле.

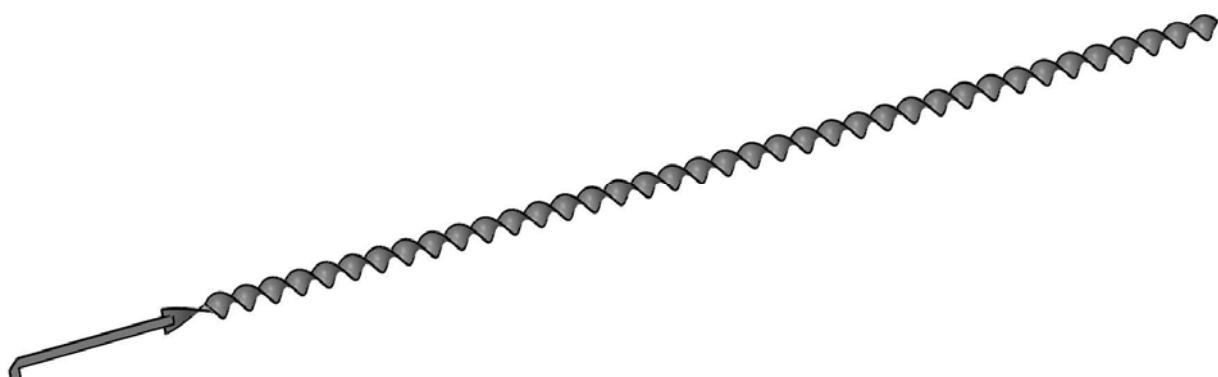
Необходимо убедится, что все турбулизаторы, которые устанавливаются в дымогарные трубы котла имеют одинаковую длину, диаметр и конструкцию.

Установка турбулизаторов разной длины и конструкции может отрицательно повлиять на постоянный и правильный поток дымовых газов.

Отрицательные явления, которые могут быть вызваны неправильной установкой или установкой неправильных турбулизаторов включает, но не ограничивается:

- Появление локальных точек перегрева на определенных участках теплообмена, что в последствии может привести к разрушению металла в этих точках перегрева.

- Неравномерное распределение и увеличение термической нагрузки создает возможное термическое напряжение на поверхностях дымогарных труб и трубных плит в местах их сварки к дымогарным трубам.
- Возможные изменения в расчетном перепаде давления через дымогарную трубу в частности и через весь котел в целом, что может уменьшить диапазон работы котла а также затруднить процесс удаления дымовых газов из котла через дымовую камеру во внешний газоход и дымовую трубу.
- Ухудшение параметров процесса горения с отрицательными изменениями в температуре дымовых газов на выходе котла, увеличение вредных выбросов и снижение эффективного коэффициента полезного действия (КПД) котла.
- Изменение геометрии пламени и процесса горения с возможным соприкосновением пламени с поверхностями топочной камеры, срыва пламени или частичного заброса в дымогарные трубы. Нарушение процесса горения также проводит к отложениям несжигаемых продуктов на поверхностях с дальнейшими отрицательными последствиями, в том числе уменьшение эффективности теплопередачи, возможный локальный перегрев, увеличение расхода топлива и снижение как коэффициента полезного действия котла, так и самой производительности.
- При установке на паровом котле возможно снижение паропроизводительности котла и качества пара. При установке на водогрейном котле возможно изменение в расчетном перепаде температуры через котел и отклонение от требуемого рабочего режима с заданным температурными графиками.



Турбулизатор должны быть размером более половины и менее трех четвертей длины дымогарной трубы в которую он устанавливается, если иная длина не рекомендована производителем котла, в котором применяется турбулизатор.

Каждый турбулизатор имеет плоскую ручку с перпендикулярным фиксирующим изгибом. Перпендикулярный изгиб фиксирует турбулизатор в дымогарной трубе и не позволяет движение турбулизатора по дымогарной трубе в направлении потока дымовых газов. Изъятие и установка турбулизаторов в дымогарные трубы также выполняется с помощью ручки.

При установке турбулизаторов рекомендуется, чтобы фиксирующий изгиб был в вертикальном положении под углом 60° в любую сторону от вертикальной оси.

Вся длина турбулизатора должна быть вставлена в дымогарную трубу до предела фиксирующего изгиба. Дополнительная плоская пластина между фиксирующим изгибом и началом витой ленты турбулизатора выполняет функцию удержания от закручивания турбулизатора за счет трения при потоке дымовых газов через дымогарную трубу.

В котлах производства "I.VAR Industry S.r.l." турбулизаторы должны быть установлены только со стороны передней двери котла. Установка турбулизаторов в дымогарные трубы со стороны дымовой камеры категорически запрещена.

Не рекомендуется устанавливать турбулизаторы разной длины в дымогарные трубы на одном кotle. Это может привести к нарушению равномерного распределения потока дымовых газов.



Турбулизаторы вставляются во все дымогарные трубы котла



Турбулизаторы устанавливаются только со стороны передней двери
и в притык до фиксирующего изгиба

Турбулизаторы с торцевой стороны не
должны выходить из дымогарных труб

В случае острой необходимости, если будут применяться турбулизаторы разной длины на одном котле, необходимо правильно откорректировать их длину, ориентируясь на результаты процесса горения при замере параметров дымовых газов на выходе котла.

Уменьшение длины турбулизатора, по результатам проведенных испытаний в зависимости от модели котла, увеличивает температуру дымовых газов на ориентировочно $1,5 - 2,0^{\circ}\text{C}$ на каждый сантиметр уменьшения длины турбулизатора ниже расчетной.



Увеличение температуры отходящих газов с котла на 20 °С снижает коэффициент полезного действия котла на более чем 1,0 %.

Температура отходящих газов на выходе котла самая высокая, и соответственно, КПД самый низкий при эксплуатации котла без турбулизаторов.

Короткие турбулизаторы должны быть сначала установлены симметрично по каждой стороне вертикальной оси в верхних дымогарных трубах. Более длинные турбулизаторы устанавливаются в нижних дымогарных трубах. По результатам параметров горения в несколько этапах пропорционально и постепенно и уменьшается длина всех сверх длинных турбулизаторов пока не будут достигнуты оптимальные параметры горения и режим работы котла на разных нагрузках от минимальной до максимальной.

При эксплуатации котла в связи с термическими перепадами через всю длину дымогарной трубы может происходить медленное частичное перемещение турбулизатора из дымогарной трубы. Данное явление особенно заметно при частых резких изменениях в нагрузках от минимальной до максимальной. При таком режиме эксплуатации котла рекомендуется регулярно проверять положение турбулизаторов в дымогарных трубах и, в случае их выступления из дымогарных труб, задвигать из обратно до фиксирующего изгиба.

При длительной эксплуатации котла с турбулизаторами, которые выступают из дымогарных труб может произойти их перегрев на участках в месте сварки дымогарных труб с передней трубной плитой. Перегрев и потоки дымовых газов приводят к деформации турбулизаторов с сильным изгибом вниз. Эксплуатация котла с сильно деформированными турбулизаторами может привести ко всем ранее описанным негативным последствиям и такая эксплуатация категорически не рекомендуется. Деформированные турбулизаторы необходимо заменить при первой возможности на новые турбулизаторы правильной длины и конфигурации.

В дымогарных трубах одного котла можно применять новые и старые турбулизаторы, при условии, что они одинаковой длины и геометрии, при этом старые турбулизаторы не должны иметь какие либо деформации или следы сильной коррозии.

При регламентном техническом осмотре и обслуживании котла необходимо проверить состояние турбулизаторов. По внешнему виду и состоянию турбулизаторов можно определить правильность работы котла в отношении степени полного сжигания топлива, настроек соотношения топлива и воздуха при различных режимах горения, а также проверить циркуляцию и удаление продуктов сгорания через газовый тракт котла.

Турбулизаторы не требуют особой очистки и при нормальной эксплуатации и техническом обслуживании негорючие отложения на них практически отсутствуют. Турбулизаторы можно очистить от легкого налета с помощью ветоши или сжатым воздухом. Перед очисткой дымогарных труб от сажи и других отложений необходимо обязательно изъять все турбулизаторы.

Обслуживание должно проводится в соответствии с инструкциями котла, в дымогарных трубах которого установлены турбулизаторы.

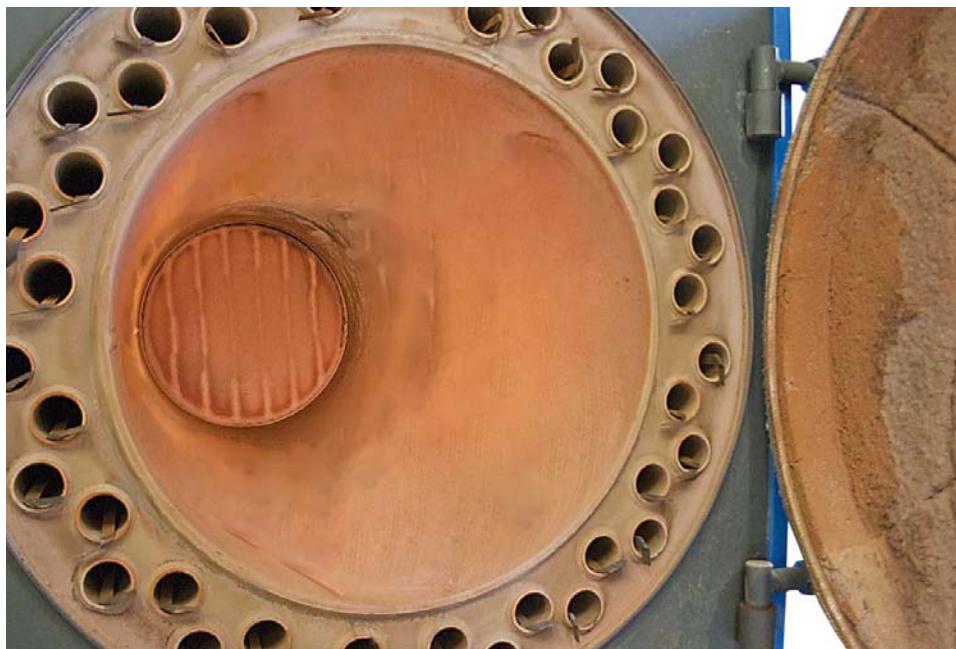
Перед обслуживанием и очисткой дымогарных труб и турбулизаторов рекомендуется провести замер параметров дымовых газов с последующим анализом режима горения, состава и расхода топлива, чтобы определить качество эксплуатации котла и сравнить результаты с подобным анализом, который должен быть проведен после очистки для оценки эффективности и результаты проведенных работ по обслуживанию.

Рекомендуется проводить очистку каждые шесть месяцев при работе на дизельном топливе и не менее одного раза в год при работе на природном газе.

Температура отходящих газов снижается и коэффициент полезного действия котла увеличивается с установкой в дымогарных трубах соответствующей комбинации турбулизаторов, с достижением максимальных показателей по коэффициенту полезного действия и самой низкой температуре отходящих газов при применении новых турбулизаторов правильной расчетной длины и последующими настройками режимов горения на всем диапазоне работы котла от минимальной до максимальной нагрузки.

Необходимо также контролировать и убедится, что в целях увеличения коэффициента полезного действия котла и его эффективной работы температура отходящих газов с котла и соответственно на выходе дымовой трубы не уменьшается ниже точки россы, что приведет к коррозии и отрицательно отразится на внешних поверхностях котла и дымовой трубы.

Состояние турбулизаторов как показатель эксплуатации оборудования



Турбулизаторы с легким оттенком и чистая топочная камера указывают на точные настройки режимов горения с полным сжиганием, правильное обслуживание и эксплуатацию.

Регулярное техническое обслуживание, анализ дымовых газов на выходе котла и контроль режимов горения на всем диапазоне работы котла от минимальной до максимальной нагрузки обеспечивает надежную работоспособность котла.

Температура дымовых газов уменьшается по ходу движения через дымогарную трубу и турбулизатор при эксплуатации будет также иметь разный оттенок на поверхности по всей длине с самым ярко выраженным изменением на ручке с фиксирующим изгибом и первых поворотах витой ленты, где температура выше чем в зоне последних поворотов витой ленты. Цвет оттенка равномерно меняется по всей длине турбулизатора. Присутствие ярко выраженных темных цветов в разных точках указывает на локальные зоны с высокой температурой, число которых должно быть минимальным.



Не полное сжигание топлива и перегрев можно определить как с топочной камеры, трубных плит и дымогарных труб, так и по состоянию турбулизаторов. Красный и бордовый цвет турбулизаторов означает неравномерное распределение тепла и перегрев. Перегрев турбулизатора особенно ярко выражен на первых поворотах витой ленты и на прямой ручке с фиксирующим изгибом. По ходу потока газов через дымогарную трубу, снижается температура и витая лента после нескольких поворотов уже имеет изначальный цвет.



Полное разрушение турбулизаторов наступает при сильном перегреве, и может привести к трещинам в дымогарных трубах и трубных плитах с выводом котла из строя. Во время регламентного обслуживания при обнаружении темных оттенков начинающего перегрева на поверхностях турбулизаторов, рекомендуется в скором порядке проверить все параметры дымовых газов на выходе котла и провести повторные настройки режимов горения. При выдвижении турбулизаторов из дымогарных труб в пространство поворотной камеры, необходимо проверить тягу дымовой трубы а также давление в топочной камере, дымовой камере и газоходе на выходе котла. Сильный перегрев может привести к разрушению турбулизаторов на мелкие частицы, которые с потоком дымовых газов будут вынесены в торцевую дымовую камеру котлы или внешний газоход.





Не равномерная тяга дымовой трубы, неправильный подбор горелочного оборудования или неправильные потоки дымовых газов через дымогарные трубы могут привести к постоянному движению турбулизаторов в дымогарных трубах как в горизонтальном направлении так и с завихрением и вертикальным смещением, что оставляет отметки на поверхностях дымогарных труб. Данные места особенно

чувствительны к образованию локальных точек перегрева или начала высокотемпературной коррозии, которая может далее распространится по дымогарной трубе. Такое явление особенно критично при неправильном расчете конструкции витой ленты к диаметру дымогарной трубы, в которой устанавливается турбулизатор.



При техническом обслуживании и замене турбулизаторов рекомендуется также проверить состояние уплотнения передней двери. Негерметичное уплотнение влияет на геометрию потоков в поворотной камере дверного проема с утечками при достижении этим уплотнением критического состояния. При неравномерных потоках и распределении тепла по всем поверхностям нагрева дымогарных труб будут появляться соответствующие признаки на турбулизаторах в самых напряженных местах в виде изменения цвета, геометрии и длины.



В случае, если проводится замена турбулизаторов в количестве меньше чем число дымогарных труб необходимо их равномерное распределение по всем дымогарным трубам во всех четырех квадратах. Новые и старые турбулизаторы в каждом квадрате должны быть приблизительно одинаковыми как по количеству так и по длине каждого турбулизатора. При сильном ухудшении параметров горения и невозможности заменить весь комплект турбулизаторов рекомендуется полностью удалить все старые турбулизаторы и эксплуатировать котел без них.

Режим работы без турбулизаторов ухудшает эксплуатационные показатели, однако обеспечивает равномерные потоки и распределения тепла по всем поверхностям нагрева дымогарных труб, что уменьшает локальные термические нагрузки и рабочий ресурс до того момента как возможно будет заменить все турбулизаторы на данном котле.



В случае если при эксплуатации или замене турбулизаторов будет обнаружено, что сломана плоская пластина и отсутствует фиксирующий изгиб, требуется незамедлительная замена таких турбулизаторов. Если турбулизатор с отсутствующим фиксирующим изгибом не будет удален вовремя, то этот турбулизатор продвинется дальше в дымогарную трубу с потоком дымовых газов. Извлечь такой турбулизатор из дымогарной трубы будет нелегко так как при работе котла такой турбулизатор может прикипеть к стенке дымогарной трубы. С локальным перегревом такой турбулизатор при попытке изъятия может сломаться и некоторые его части останутся в дымогарной трубе. Дымогарную трубу в таком случае необходимо прочистить и удалить все мелкие частицы металла.

При замене турбулизаторов в обязательном порядке все дымогарные трубы также должны быть очищены от сажи и других отложений продуктов сгорания, а также от возможных мелких частиц металла от установленных в этих трубах турбулизаторов.

Срок службы турбулизаторов при правильной эксплуатации котельного оборудования составляет не менее десяти лет.



Эксплуатация с соблюдением всех расчетных параметров в соответствии с инструкциями всех составляющих единиц в частности и общей инструкции на оборудование в целом со своевременным техническим обслуживанием квалифицированным персоналом обеспечивает надежную работоспособность оборудования.

Материал применяемый при изготовлении турбулизаторов

Витая лента турбулизатора изготавливается из высококачественной нержавеющей стали марки EN 1.4841. Прямой участок с фиксирующим изгибом из нержавеющей стали EN 1.4512.

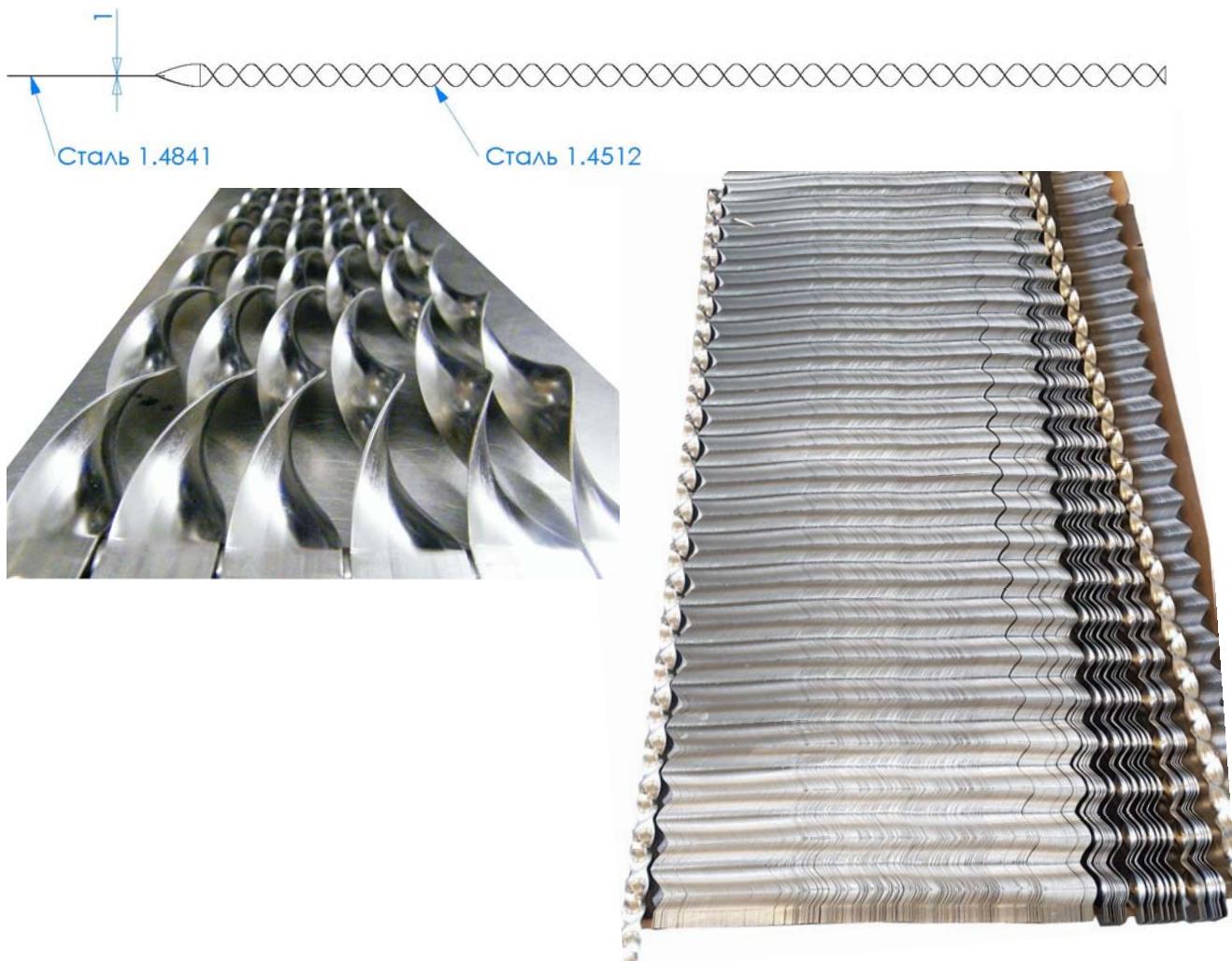
Оптимизация и применение двух разных марок аустентитной стали, рассчитанных на высокую температуру увеличивает стойкость к коррозии и значение прочности на ползучесть и окисление.

Основной материал EN 1.4841 рассчитан на применение при температуре выше 550 °C с высокой стойкостью к электрохимической водяной коррозии. При эксплуатации, возможно образование защитной оксидной пленки, стойкой к температурной коррозии на поверхности стали, что может предать витой ленте легкий темно синий оттенок.

Сталь EN 1.4512 легированная ферритная нержавеющая сталь с высокой стойкостью к окислению. Сталь имеет титановый сплав, что позволяет проводить сварку во всех плоскостях, не опасаясь межкристаллитной коррозии. Сталь применяется в температурном диапазоне около 600 °C, в котором карбиды хрома выпадают в форме нестабилизированных ферритных соединений, и имеет наиболее высокую стойкость к коррозии при отсутствии влаги и серы.

Подробные характеристики каждой марки нержавеющей стали описаны в соответствующих сертификатах сталелитейных заводов.

Витая лента, изготовленная из стали EN 1.4512 и ручки с фиксирующим изгибом, изготовленная из стали EN 1.4851, в зависимости от модели котла и рабочих параметров могут иметь разную толщину. В большинстве котлов производства "I.VAR Industry S.r.l." стандартного исполнения толщина витой ленты и ручки с фиксирующим изгибом имеет одинаковую толщину 1,0 мм.



Хранение турбулизаторов перед применением и после замены

Турбулизаторы должны хранится в заводской упаковке в закрытом помещении и не должны подвергаться большим внешним физическим нагрузкам, что может привести к деформации витой ленты, трещинам или в худшем случае отломать витую ленту от плоской ручки с фиксирующим изгибом.

В зависимости от количества поставляемых турбулизаторов и их характеристик, они могут иметь либо отдельную индивидуальную полиэтиленовую упаковку или быть упакованы как целая партия в одной упаковке. Вся лишняя упаковка должна быть обязательно удалена до установки турбулизаторов в дымогарные трубы котла.

Срок хранения турбулизаторов в оригинальной заводской упаковке составляет минимум 5 лет. До применения турбулизаторов, которые хранились более указанного времени в обязательном порядке должны быть тщательно осмотрены для выявления возможных трещин, отслоений и других признаков возможной естественной коррозии при длительном хранении.

Турбулизаторы, которые отработали свой ресурс должны быть должным образом утилизированы в соответствии с техническими требованиями и регламентами территории, на которой они применяются. Сталь, применяемая в турбулизаторах позволяет переработку и повторное использование. Не рекомендуется закапывание или выброс на городские свалки с бытовыми отходами.



I.VAR INDUSTRY S.r.l.

Via S. Pierino, 4 (Z.A.I.) - 37060 Trevenzuolo – VERONA - Italy

Телефон 045/6680082 Факс 045/6680051

email: info@ivarindustry.it

www.ivarindustry.it