

Изобретение относится, в общем, к устройствам для отделения твердых частиц от потока дымового газа, протекающего в котле с циркулирующим псевдоожиженным слоем. В частности, настоящее изобретение относится к новому и полезному устройству для отделения твердых частиц от дымового газа, в котором используется решетка из отбойных элементов U-образного сечения, включенных в систему циркуляции воды и/или пара в кожухе котла с циркулирующим псевдоожиженным слоем.

В области создания силовых установок с использованием котлов с циркулирующим псевдоожиженным слоем отделение твердых частиц от дымового газа и возврат их в псевдоожиженный слой очень важны для успешной эксплуатации котлов. Система отделения и возврата частиц в значительной степени определяет капитальные и эксплуатационные затраты и возможность изменения нагрузки на котел с циркулирующим псевдоожиженным слоем.

Температура потока газа с частицами и рабочая температура в известных сепараторах с отбойными элементами находится в пределах 815 - 871°C при нормальных условиях работы. При экстремальных условиях температура в области отбойных элементов может повышаться свыше 954°C, что вызывает коробление отбойных элементов, приводящее к снижению эффективности улавливания ими твердых частиц.

Известно устройство для отделения твердых частиц от потока газа с частицами в топке с циркулирующим псевдоожиженным слоем [1], содержащее набор отбойных элементов, расположенных смежно и со смещением один от другого по горизонтали. Каждый отбойный элемент образован мембраной, образующей вогнутую U-образную в поперечном сечении поверхность.

К причинам, препятствующим получению ожидаемого технического результата при использовании этого аналога, можно отнести значительное коробление отбойных элементов при взаимодействии с потоком горячего дымового газа из-за недостаточной жесткости мембран и отсутствия элементов, предназначенных для их охлаждения.

Известно устройство для отделения твердых частиц от потока газа с частицами в топке с циркулирующим псевдоожиженным слоем [2], содержащее набор отбойных элементов, расположенных смежно и со смещением один от другого по горизонтали. Каждый отбойный элемент образован мембраной, образующей вогнутую U-образную в поперечном сечении поверхность.

К причинам, препятствующим получению ожидаемого технического результата при использовании этого аналога, можно отнести значительное коробление отбойных элементов при взаимодействии с потоком горячего дымового газа из-за недостаточной жесткости мембран и отсутствия элементов, предназначенных для их охлаждения.

Наиболее близким по совокупности признаков к заявляемому изобретению является выбранное в качестве прототипа устройство для отделения твердых частиц от потока газа с частицами в топке с системой циркуляции рабочей среды [3], содержащее набор отбойных элементов, расположенных смежно и со смещением один от другого по горизонтали и образованных вертикальными трубами-сепараторами, предназначенными для пропускания текучей среды через каждый отбойный элемент, и мембранами, соединенными с вертикальными трубами и образующими вогнутые поверхности. Каждая труба системы снабжена парой мембран, закрепленных на противоположных концах ее диаметра. Для пропускания текучей среды через каждый отбойный элемент трубы сообщены с системой циркуляции текучей среды.

Анализ технических свойств прототипа, обусловленных его признаками, показывает, что получению ожидаемого технического результата при использовании прототипа препятствуют следующие причины. При взаимодействии мембран с потоком дымового газа в процессе отделения твердых частиц плоские мембраны коробятся от термических напряжений, возникающих из-за того, что мембраны прикреплены к охлаждаемым вертикальным трубам только одной своей стороной, а вторая сторона, подверженная более сильному нагреву за счет обтекания ее потоком газа, не охлаждается. Это приводит к изменению формы отбойных элементов и снижению эффективности улавливания ими твердых частиц, особенно при экстремальных условиях, когда температура в области отбойных элементов может подниматься выше 954°C.

В основу изобретения поставлена задача создать устройство для отделения твердых частиц от потока газа с частицами в топке с системой циркуляции текучей среды, в котором новое выполнение отбойных элементов позволило бы при использовании изобретения обеспечить достижение технического результата, заключающегося в повышении эффективности отделения твердых частиц от потока газа с частицами и за счет этого повысить эксплуатационные характеристики котлов с циркулирующим псевдоожиженным слоем.

Заявляемое изобретение характеризуется следующими существенными признаками, направленными на решение поставленной задачи и достаточными для достижения, ожидаемого технического результата во всех случаях, на которые распространяется объем правовой охраны. Согласно первому пункту формулы изобретения заявляемое устройство для отделения твердых частиц от потока газа с частицами в топке с системой циркуляции текучей среды содержит набор отбойных элементов, расположенных смежно и со смещением один от другого по горизонтали и образованных вертикальными трубами, предназначенными для сообщения с системой циркуляции текучей среды и пропускания текучей среды через каждый отбойный элемент, и мембранами, соединенными с вертикальными трубами и образующими вогнутые поверхности, причем согласно изобретению каждый из отбойных элементов содержит первую переднюю вертикальную трубу, вторую переднюю вертикальную трубу, смещенную по горизонтали от первой передней вертикальной трубы, первую заднюю вертикальную трубу, смещенную по горизонтали от первой передней вертикальной трубы, и вторую заднюю вертикальную трубу, смещенную по горизонтали от второй передней вертикальной трубы, и в каждом отбойном элементе мембраны соединены с первой передней и

первой задней вертикальными трубами, с первой и второй задними вертикальными трубами и со второй задней и второй передней вертикальными трубами.

При использовании изобретения ожидается достижение технического результата, заключающегося в повышении эффективности отделения твердых частиц от потока дымового газа с частицами в топке с системой циркуляции текучей среды, что позволит улучшить эксплуатационные характеристики котлов с циркулирующим псевдоожиженным слоем, в особенности топок больших размеров.

Между совокупностью существенных признаков изобретения по первому пункту формулы изобретения и достигаемым техническим результатом имеется следующая причинно-следственная связь. Соединение каждой мембраны обеими своими сторонами сразу с двумя охлаждаемыми вертикальными трубами позволяет образовать вогнутый отбойный элемент из чередующихся охлаждаемых вертикальных труб и мембран, равномерно охлаждаемых с двух сторон. Это позволяет повысить жесткость отбойных элементов и предотвратить их коробление не только при рабочей температуре (815 - 871 °C), но и при экстремальных условиях, когда температура в области отбойных элементов U-образного сечения может подниматься выше 954 °C, - то есть обеспечить постоянство формы отбойных элементов в процессе работы, а отбойные элементы с неизменной при высокой температуре заданной формой обеспечивают эффективное отделение твердых частиц от потока дымового газа, поскольку заданная пространственная система отбойных элементов не нарушается и тем самым не нарушается и заданная оптимальная для эффективного отделения твердых частиц пространственная структура потока топочного газа.

В частных случаях заявляемое изобретение характеризуется следующими существенными признаками. Каждый отбойный элемент содержит переходник, соединяющий первую переднюю и первую заднюю вертикальные трубы, переходник соединяющий первую заднюю и вторую заднюю вертикальные трубы, переходник, соединяющий вторую заднюю и вторую переднюю вертикальные трубы, при этом вторая передняя вертикальная труба каждого отбойного элемента соединена переходником с первой передней вертикальной трубой соседнего отбойного элемента, а для соединения с системой циркуляции текучей среды предназначены первая передняя вертикальная труба первого отбойного элемента и вторая передняя вертикальная труба последнего отбойного элемента. Устройство содержит хотя бы один дополнительный ряд отбойных элементов, причем каждый дополнительный ряд смещен от предыдущего ряда по горизонтали. Отбойные элементы каждого ряда расположены позади переходников, соединяющих отбойные элементы предыдущего ряда. Устройство снабжено коллекторами для соединения с системой циркуляции текучей среды. Устройство снабжено впускным патрубком, расположенным между первым коллектором и первой передней вертикальной трубой первого отбойного элемента, и выпускным патрубком, расположенным между второй передней вертикальной трубой последнего отбойного элемента и вторым коллектором. Первые и вторые передние вертикальные трубы снабжены противозерозионными щитами, расположенными на их внешней поверхности. Противозерозионные щиты могут быть выполнены из огнеупорного материала. Противозерозионные щиты могут быть выполнены из керамического материала. Противозерозионные щиты могут быть выполнены из стали. Переходники, соединяющие передние вертикальные трубы с задними вертикальными трубами, расположены в нижней части труб. Переходники, соединяющие первые и вторые задние вертикальные трубы, расположены в верхней части труб. Переходники, соединяющие вторую переднюю вертикальную трубу одного отбойного элемента с первой передней вертикальной трубой соседнего отбойного элемента, расположены в верхней части труб. Первая передняя вертикальная труба первого отбойного элемента и вторая передняя вертикальная труба последнего отбойного элемента выполнены с возможностью соединения с системой циркуляции воды. Первая передняя вертикальная труба первого отбойного элемента и вторая передняя вертикальная труба последнего отбойного элемента выполнены с возможностью соединения с системой циркуляции воды и пара.

Первая передняя вертикальная труба первого отбойного элемента и вторая передняя вертикальная труба последнего отбойного элемента выполнены с возможностью соединения с системой циркуляции пара. Вогнутая поверхность имеет U-, V- или C-образную форму. Для соединения с системой циркуляции текучей среды устройство снабжено нижним и верхним поперечными коллекторами для хотя бы одного ряда отбойных элементов, при этом нижние концы всех труб, образующих отбойные элементы ряда, сообщены с нижним поперечным коллектором этого ряда, а верхние концы упомянутых труб сообщены с верхним поперечным коллектором этого ряда. Устройство содержит хотя бы один дополнительный ряд отбойных элементов, расположенный на пути потока газа с частицами, причем каждый дополнительный ряд смещен от предыдущего по горизонтали и содержит нижний и верхний поперечные коллекторы. Хотя бы для двух рядов отбойных элементов выпускной поперечный коллектор первого ряда отбойных элементов соединен с впускным поперечным коллектором второго ряда отбойных элементов.

Данное изобретение обеспечивает также достижение других технических результатов, заключающихся в расширении функциональных возможностей за счет использования изобретения в качестве испарителя либо перегревателя/нагревателя в котлах с циркулирующим псевдоожиженным слоем.

На фиг.1 дано аксонометрическое изображение первого варианта осуществления устройства; на фиг.2 - вид сверху на отбойный элемент, соответствующий первому варианту осуществления устройства; на фиг.3 - вид сбоку на отбойный элемент, изображенный на фиг.2, в направлении, указанном на фиг.2 стрелками А - А; на фиг.4 - вид на устройство сверху в разрезе (в направлении стрелок Б - Б на фиг.1); на фиг.5 - вид сверху второго варианта осуществления устройства; на фиг.6 - вид на устройство сбоку (в направлении стрелок В - В на фиг.5); на фиг.7 - аксонометрическое изображение второго варианта осуществления устройства.

В конкретном примере осуществления по первому варианту заявляемое в соответствии с настоящим изобретением устройство содержит одинаково устроенные отбойные элементы 1, 2, 3 (фиг.1), которые расположены в ряд смежно и со смещением один от другого по горизонтали. Количество отбойных элементов 1, 2, 3 в ряду выбирается в зависимости от конкретных параметров котла.

Отбойный элемент 1 (фиг.2) содержит набор вертикальных или практически вертикальных труб (в дальнейшем мы будем называть их вертикальными): первую переднюю вертикальную трубу 4 и вторую переднюю вертикальную трубу 5, смещенную от первой передней вертикальной трубы 4 в горизонтальном направлении, первую заднюю вертикальную трубу 6, смещенную в горизонтальном направлении от первой передней вертикальной трубы 4, и вторую заднюю вертикальную трубу 7, смещенную в горизонтальном направлении от первой задней вертикальной трубы 6 и от второй передней вертикальной трубы 5.

Переходники 8, 9, 10 соединяют соответственно трубы 4 и 6, 6 и 7, 7 и 5. Кроме того, к трубам приварены или другим подходящим образом прикреплены мембраны 11, 12, 13, соединяющие соответственно трубы 4 и 6, 6 и 7, 7 и 5. Длина мембран 11, 12, 13 практически равна длине труб 4 - 7. При необходимости мембраны 11, 12, 13 (см. фиг.3) можно присоединить соответственно к каждому переходнику 8, 9, 10, соединяющих соответственно трубы 4 и 6, 6 и 7, 7 и 5, чтобы закрыть зазоры в этих местах. В любом случае мембраны 11, 12, 13, соответственно расположенные между парами труб 4 и 6, 6 и 7, 7 и 5, вместе с ними образуют вогнутую поверхность, которая улавливает твердые частицы, приносимые потоком дымового газа, и заставляет их выпадать из потока газа. Желательно, чтобы эта вогнутая поверхность имела форму буквы U, но возможны и другие формы, например, буквы V или С, что также является неотъемлемой частью настоящего изобретения. Охлаждаемые отбойные элементы с мембранными стенками, предложенные настоящим изобретением, гораздо меньше подвержены риску коробления. Отбойный элемент 1, соответствующий настоящему изобретению, располагают в потоке газа с частицами так, что первая и вторая передние вертикальные трубы 4 и 5 первыми вступают в соприкосновение с потоком. При необходимости их можно оборудовать противозерозионными приспособлениями или щитами 14, 15, чтобы предохранить от эрозии, которую могут вызвать удары твердых частиц, приносимых потоком газа. Противозерозионные щиты 14, 15 можно изготовить из любого подходящего материала, устойчивого к эрозии: из огнеупорного материала, керамики или стали.

Устройство по настоящему изобретению может содержать хотя бы один дополнительный ряд отбойных элементов 16, 17, 18, причем каждый дополнительный ряд смещен от предыдущего ряда по горизонтали. На фиг.4 показан вид сверху на устройство по настоящему изобретению, отбойные элементы 1, 2, 3, 16, 17, 18 которого расположены в несколько рядов и эти ряды отбойных элементов 1, 2, 3 и 16, 17, 18 соединены с системой циркуляции жидкости котла с псевдооживленным слоем. В описываемом предпочтительном варианте жидкость, циркулирующая в системе, - это вода и/или пар, и систему мы будем называть соответственно. Для подключения к системе циркуляции воды и/или пара имеются коллекторы 19, 20 и впускной патрубок 21, соединенный с одним из коллекторов 19 и первой передней вертикальной трубой 4 первого отбойного элемента 1 в ряду, а также выпускной патрубок 22, соединенный со вторым коллектором 20 и второй передней вертикальной трубой 23 последнего отбойного элемента 3 этого же ряда. Вода и/или пар, таким образом, может проходить последовательно через все отбойные элементы 1, 2, 3 в данном ряду - от впускного патрубка 19 до выпускного патрубка 22. На фиг.4 не заштрихованные кружки, например, на трубах 4 и 7, обозначают, что поток воды и/или пара направлен вниз от плоскости страницы, содержащей фигуру 4. Заштрихованные кружки, например, на трубах 5 и 6, обозначают, что поток воды и/или пара направлен вверх от плоскости страницы, содержащей фигуру 4. Отбойные элементы 1, 2, 3, 16, 17, 18 расположены предпочтительно в шахматном порядке. Переходники 24, 25, 26 соединяют соседние отбойные элементы 1, 2, 3. Так переходник 24 соединяет соседние отбойные элементы 1, 2, соединяя вторую переднюю вертикальную трубу 5 одного отбойного элемента 1 с первой передней вертикальной трубой 27 другого отбойного элемента 2. Расположение отбойных элементов 1, 2, 3, 16, 17, 18 в шахматном порядке, предложенное настоящим изобретением, позволяет сместить очередной ряд горизонтально назад по отношению к предыдущему ряду в потоке газа с частицами. Отбойные элементы 16, 17, 18 последующего ряда расположены позади переходников 24, 25, 26 предыдущего ряда.

Возможно несколько вариантов подключения объекта настоящего изобретения к системе циркуляции жидкости котла с циркулирующим псевдооживленным слоем. Первый вариант, показанный на фиг.4, заключается в соединении нижних концов труб 4 и 6, 5 и 7 переходниками 8, 10 соответственно. Кроме того, переходник 9 соединяет верхние концы труб 6 и 7. Верхние концы труб 5 и 27 соседних отбойных элементов 1, 2 соединены переходником 24. Аналогично соединены между собой трубы всех отбойных элементов 2, 3 и 16, 17, 18 каждого ряда.

Другой вариант осуществления подключения устройства, предложенного настоящим изобретением, к системе циркуляции жидкости в котле с псевдооживленным слоем проиллюстрирован на фиг.5 - 7, приложенными к настоящему документу. Как показано на фиг.5 - 7, при этом варианте подключения каждый ряд отбойных элементов U-образного сечения подключается к собственному нижнему (в этом случае впускному) поперечному коллектору 28 и к собственному верхнему (в этом случае выпускному) поперечному коллектору 29. Такая конфигурация обеспечивает более естественную циркуляцию пароводяной смеси: жидкость может проходить от нижнего поперечного коллектора 28 в верхний поперечный коллектор 29. Верхний и нижний поперечные коллекторы 28, 29 называются так потому, что они ориентированы практически перпендикулярно потоку газа с частицами - вдоль ряда отбойных элементов 30, 31, 32. В предпочтительном случае нижний и верхний поперечные коллекторы 28, 29 располагаются вне потока газа с частицами для минимизации эрозии коллекторов. Как показано на фиг.5,

имеется набор одинаково устроенных отдельных отбойных элементов 30, 31, 32. Отбойный элемент 31 содержит первую переднюю вертикальную трубу 33 и вторую переднюю вертикальную трубу 34, смещенную от первой передней вертикальной трубы 33 по горизонтали. Первая задняя вертикальная труба 35 отбойного элемента 31 смещена по горизонтали от первой передней вертикальной трубы 33, а вторая задняя вертикальная труба 36 смещена по горизонтали от второй передней вертикальной трубы 34. В отличие от первого варианта, при котором жидкость проходит трубы 4, 6, 7 и 5 последовательно, в каждом из отбойных элементов 30, 31, 32 жидкость может течь по трубам 33, 34, 35 и 36 параллельно, вверх от нижнего (впускного) поперечного коллектора 28 к верхнему (выпускному) поперечному коллектору 29. Между трубами 33 и 35, 35 и 36, 36 и 34 размещены мембраны 37, 38, 39, образующие вогнутую поверхность, которая улавливает твердые частицы, приносимые потоком газа. Как и в первом случае, при необходимости первую и вторую передние вертикальные трубы каждого отбойного элемента 30, 31, 32 можно оборудовать противозазорными приспособлениями или щитами (на фиг.5 - 7 не показаны).

Как и в предыдущем случае, можно установить несколько дополнительных рядов отбойных элементов 40, 41, 42; 43, 44, 45 и 46, 47, 48, и каждый дополнительный ряд смещают по горизонтали от предыдущего ряда. Каждый дополнительный ряд подключается при этом к соответствующим отдельным нижним поперечным коллекторам 49, 50, 51 и верхним поперечным коллекторам 52, 53, 54. При необходимости жидкость, циркулирующую в системе, можно подать из выпускного поперечного коллектора первого ряда 29 во впускной поперечный коллектор 49 второго ряда. Аналогичные соединения можно продолжить до последнего ряда отбойных элементов 46, 47, 48. Размер и тип соединительных труб (не показанных на фигурах), соединяющих ряды, определяется падением давления и/или распределением потока, необходимым для сглаживания дисбаланса в поглощении жидкостью теплоты. Это, например, могут быть выпускные/впускные трубы с одинарными или раздвоенными концами или различная одинарная или разветвленная соединительная теплотехническая арматура, соединяющая поперечные коллекторы 28, 29, 49 - 54.

Как показано на фиг.5 и 6, боковые стенки 55, 56, на которых располагаются наборы отбойных элементов 30 - 32, 40 - 42, 43 - 45, 46 - 48, обычно образованы трубами 57; 58, также разделенными мембраной 59; эти боковые стенки 55, 56 также могут иметь водяное и/или паровое охлаждение. Аналогично, как показано на фиг.6, крыша 60 котла также может представлять собой конструкцию из труб 61, разделенных мембраной 62. Пол 63, может быть выполнен в виде такой же конструкции. Одно из достоинств второго варианта заключается в том, что все трубы имеют одинаковую форму и состоят из прямого участка 64 и изогнутого участка 65. При такой конструкции для соединения нижних поперечных коллекторов 28, 49 - 51 и верхних поперечных коллекторов 29, 52 - 54 необходимо изготавливать трубы только одного типа, и устройство отбойных элементов 30 - 32, 40 - 48 оказывается простым и экономичным.

Работает устройство следующим образом. На фиг.1 показано отделение твердых частиц от потока газа с частицами, осуществляемое при помощи устройства, предложенного настоящим изобретением. Поступающий из топки поток дымового газа с твердыми частицами встречает на своем пути отбойные элементы 1, 2, 3. Твердые частицы, ударяясь в вогнутую поверхность отбойных элементов 1, 2, 3, теряют скорость и отделяются от газа. Далее твердые частицы свободно падают вниз внутри отбойных элементов 1, 2, 3 и из них попадают в систему возврата твердых частиц в топку. Газ же проходит дальше между отбойными элементами 1, 2, 3, и из устройства выходит поток чистого газа.

Для охлаждения отбойных элементов жидкость, например вода и/или пар, поступает от коллектора 19 через впускной патрубок 21 в верхнюю часть первой передней вертикальной трубы 4. Затем жидкость опускается по трубе 4 и у ее нижнего конца поворачивает на 180°, проходя переходник 8, который соединяет первую переднюю вертикальную трубу 4 с задней вертикальной трубой 6 этого отбойного элемента 1 U-образного сечения. По задней вертикальной трубе 6 поток направляется вверх и, поворачивая на 180° в переходнике 9, попадает во вторую заднюю вертикальную трубу 7, по которой течет вниз. Там, снова повернув на 180° в переходнике 10, поток попадает во вторую переднюю, крайнюю, трубу 5, по которой направляется вверх. По остальным отбойным элементам 2, 3 U-образного сечения этого ряда жидкость проходит тем же путем, что и по первому отбойному элементу 1 U-образного сечения.

Как сказано выше, возможен другой вариант осуществления подключения устройства, предложенного настоящим изобретением, к системе циркуляции жидкости в кожухе котла с псевдоожиженным слоем (см. фиг.5 - 7). При этом варианте подключения каждый ряд отбойных элементов 30 - 32, 40 - 42, 43 - 45, 46 - 48 U-образного сечения подключается к соответствующему собственному нижнему поперечному коллектору 28, 49, 50, 51, куда подается жидкость. Далее в каждом из отбойных элементов 30 - 32, 40 - 48 жидкость течет по трубам параллельно вверх от нижних поперечных коллекторов 28, 49, 50, 51 к соответствующим верхним поперечным коллекторам 29, 52, 53, 54. В зависимости от ряда соображений жидкость по трубам каждого отдельного отбойного элемента 30 - 32, 40 - 48 можно пустить с естественным напором или под давлением. Если жидкость течет с естественным напором, то лучше, чтобы нижние поперечные коллекторы 28, 49, 50, 51 были впускными, а верхние поперечные коллекторы 29, 52, 53, 54 - выпускными. Разумеется, если циркуляция осуществляется под давлением или рабочая среда - это пар, коллекторы можно поменять ролями. Конкретный вид среды, протекающей по трубам отбойных элементов 1 - 3, 16 - 18, 30 - 32, 40 - 48, выбирается в зависимости от конкретных эксплуатационных требований.

В сепараторах с отбойными элементами известных конструкций, работающих при 815 - 871°C, максимальная высота отбойных элементов U-образного сечения из нержавеющей стали ограничена, так как прочность отбойного элемента U-образно сечения уменьшается с увеличением температуры. В противоположность этому настоящее изобретение обеспечивает охлаждение отбойных элементов 1 - 3, 16

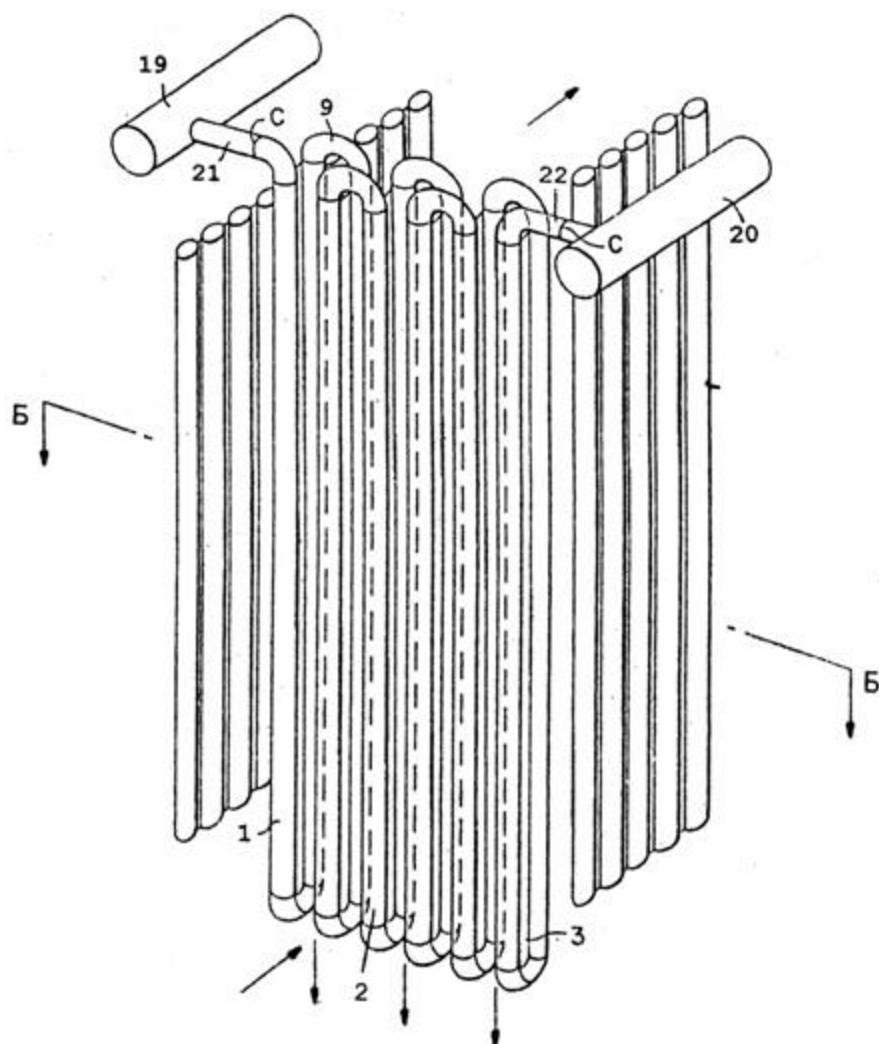
- 18, 30 - 32, 40 - 48 U-образного сечения и их высота не зависит от прочности материала при данной температуре. Одно из основных достоинств настоящего изобретения - простота изготовления устройства по сравнению с устройствами других конструкций. Специалист в данной области поймет, что устройство, предложенное настоящим изобретением, можно изготовить таким же образом, что и секции кожуха котла с псевдооживленным слоем. Отбойные элементы 1 - 3, 16 - 18, 30 - 32, 40 - 48 U-образного сечения, соответствующие настоящему изобретению, можно использовать либо в качестве испарителя (кипятильника), либо поверхности перегревателя/нагревателя. Это позволяет изготавливать котлы с псевдооживленным циркулирующим слоем больших размеров, используя охлаждаемые отбойные элементы 1 - 3, 16 - 18, 30 - 32, 40 - 46 U-образного сечения, по сравнению с известными котлами, в которых используются неохлаждаемые отбойные элементы U-образного сечения.

Другое достоинство настоящего изобретения заключается в легкости ремонта и обслуживания устройства. Поскольку охлаждаемые отбойные элементы 1 - 3 U-образного сечения подвешиваются или другим образом присоединяются к коллекторам 19, 20, расположенным в верхней части котла, ряд отбойных элементов 1 - 3, нуждающийся в замене или починке, легко можно снять через верх котла с циркулирующим псевдооживленным слоем, перерезав впускной и выпускной патрубки 21 и 22 (см. фиг.1) в точках С и вынув через крышку котла.

Подробно описаны и проиллюстрированы конкретные варианты осуществления настоящего изобретения, чтобы показать применение его принципов, но понятно, что настоящее изобретение можно осуществить и по-иному, не отходя при этом от его принципов.

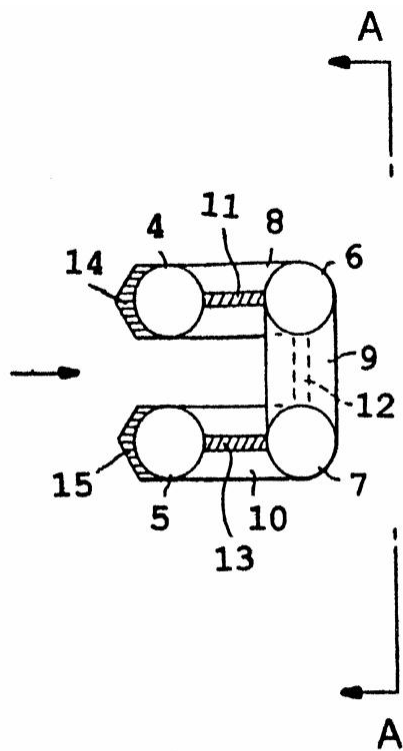
#### Источники информации

1. Патент США №4538549, кл. F22B1/00, опубл. 1985.
2. Патент США №4992085, кл. B01D45/00, опубл. 1991.
3. Патент США №4951611, кл. F22B1/00, опубл. 1990.

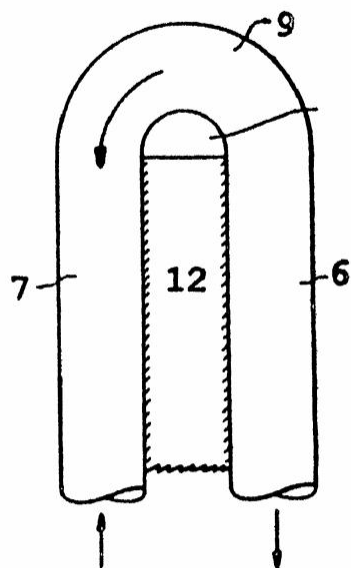


Фиг. 1

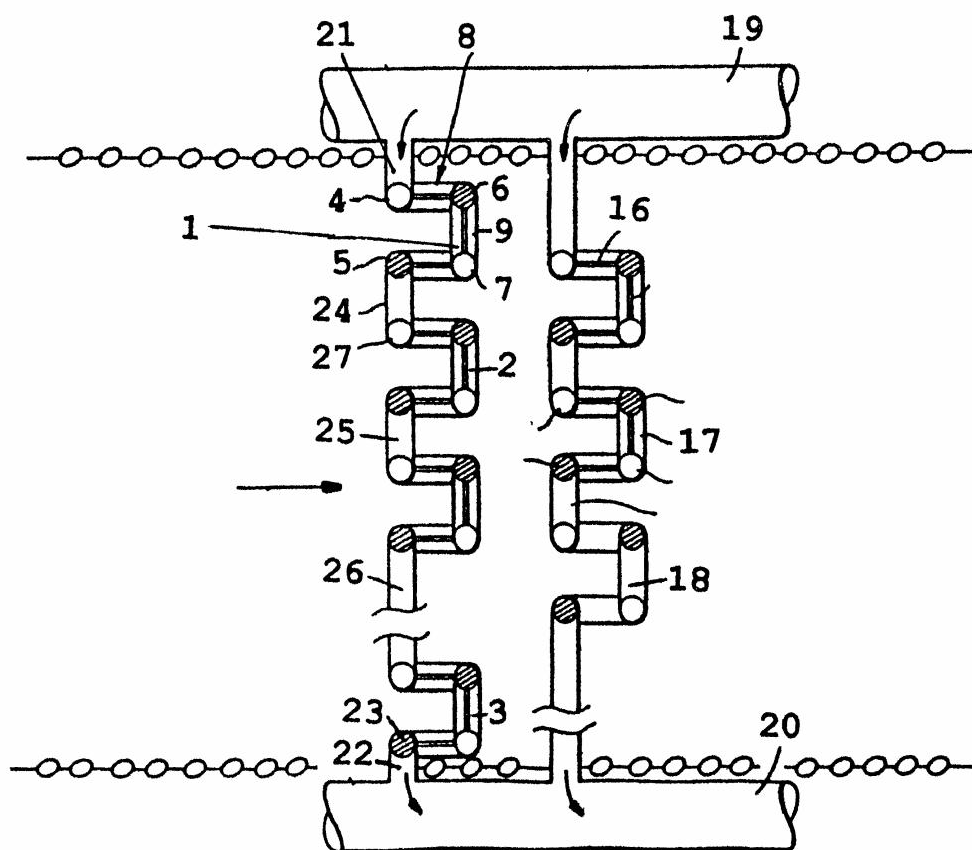




Фиг. 2



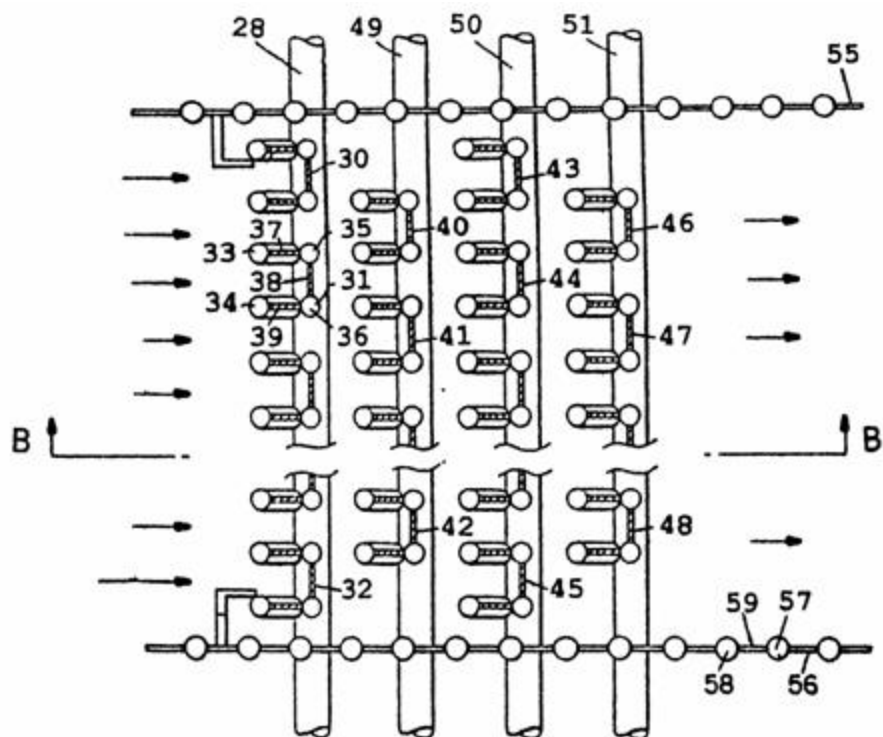
Фиг. 3



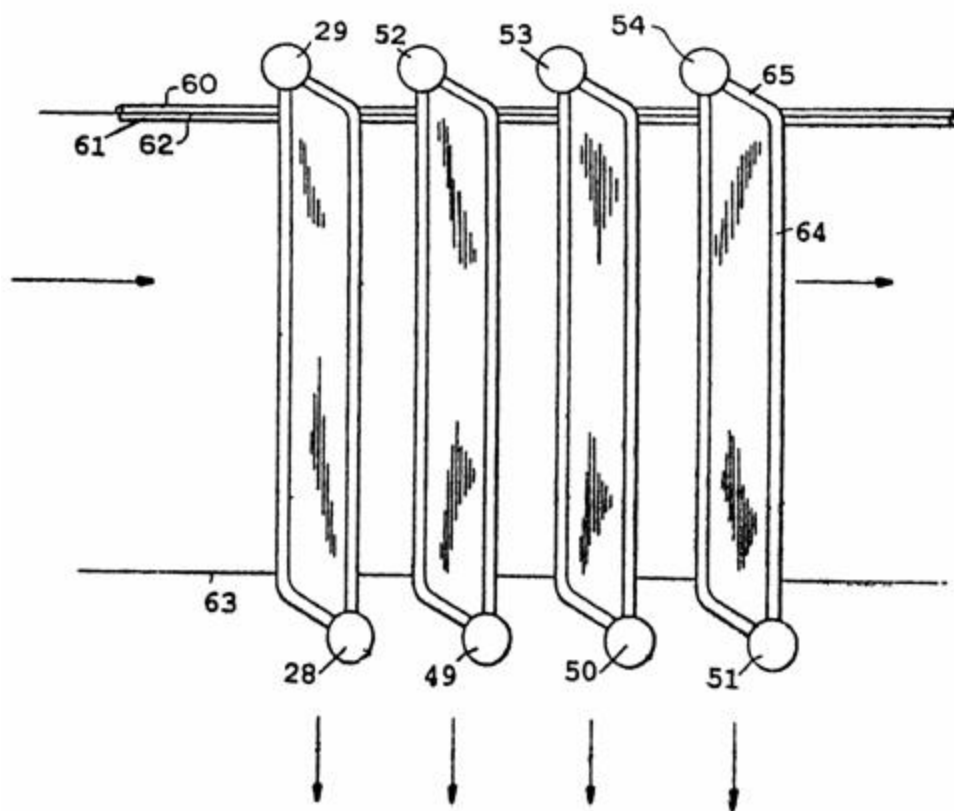
Фиг. 4



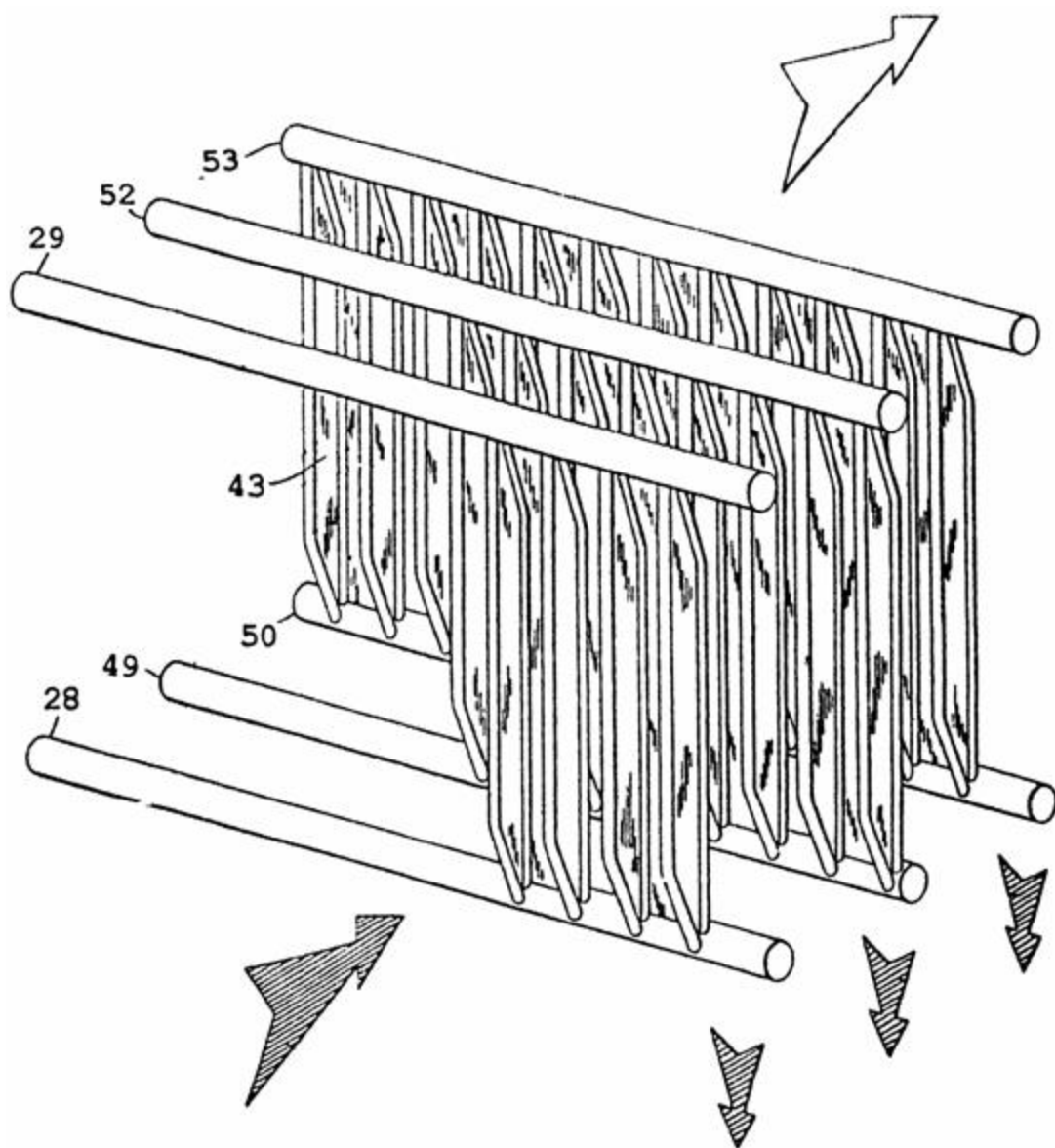




Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7