

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038810**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.10.22**

(21) Номер заявки  
**201992225**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.10.18**

(51) Int. Cl. *F23C 10/18* (2006.01)  
*F23C 10/22* (2006.01)  
*F24H 1/00* (2006.01)

---

(54) **СИСТЕМА ТЕПЛОВОГО КОТЛА С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ И СПОСОБ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ ДВУХ ТИПОВ В ТЕПЛОМ КОТЛЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ**

---

(31) **PV 2018-565**

(32) **2018.10.22**

(33) **CZ**

(43) **2020.04.30**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**ПТАЧЕК МИЛАН (CZ)**

(74) Представитель:

**Гизатуллина Е.М., Гизатуллин  
Ш.Ф., Строкова О.В., Угрюмов В.М.,  
Лебедев В.В., Глухарёва А.О. (RU)**

(56) US-A-4823712  
US-A-5133297  
MD-F1-3893  
RU-C2-2245446  
EP-A2-0645581

---

(57) Описана система котла с псевдоожигенным слоем, содержащая тепловой котел (1) с псевдоожигенным слоем, содержащий камеру сгорания, первый конвейер (5) для подачи первой топливной смеси в тепловой котел (1) с псевдоожигенным слоем и/или для загрузки топливной смеси в камеру сгорания, первый топливный питатель (12) и второй топливный питатель (13), причем первый выпуск первого питателя (12) и первый выпуск второго питателя (13) открываются на поверхность или внутрь первого конвейера (5) в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга. Также описан способ одновременного сжигания топлива по меньшей мере двух типов в тепловом котле (1) с псевдоожигенным слоем.

**B1**

**038810**

**038810  
B1**

### **Область техники изобретения**

Изобретение относится к системе котла с псевдоожиженным слоем, которая содержит тепловой котел с псевдоожиженным слоем, содержащий камеру сгорания, первый конвейер для подачи топливной смеси в камеру сгорания, первый топливный питатель и второй топливный питатель, причем первый выпуск первого питателя и первый выпуск второго питателя открываются на поверхность или внутрь первого конвейера. Кроме того, изобретение относится к способу сжигания топлива множества типов с различными характеристиками горения в котле с псевдоожиженным слоем.

### **Уровень техники изобретения**

В технике известны котлы с псевдоожиженным слоем, т.е. котлы, где сжигание происходит в псевдоожиженном слое. Котлы с псевдоожиженным слоем могут быть использованы для сжигания топлива разнообразных типов, однако в настоящее время котлы с псевдоожиженным слоем почти всегда используют для сжигания топлива одного типа. А если необходимо сжигание другого топлива, то исходное топливо заменяют другим.

Топливо, которое может быть использовано для сжигания в псевдоожиженном слое, отличается, например, следующими характеристиками: теплотворная способность, теплота сгорания, содержание воды, зольность, содержание летучих горючих веществ, содержание С, Н, S, N и О, содержание Cl и F, объемная плотность, угол естественного откоса, удельная плотность, гранулометрические и другие характеристики. На основании, по меньшей мере, некоторых из указанных характеристик предложены конструкция и управление эксплуатацией котла, в частности для достижения максимальной эффективности при поддержании наиболее продолжительности срока службы котла или сохранении минимальной продолжительности приостановки эксплуатации котла. Для надлежащего сжигания топлива различных типов требуются различные количества воздуха, потому что каждое топливо имеет свое содержание горючих веществ.

В процессе субстехиометрического сжигания псевдоожиженный слой содержит избыток топлива и имеет меньшее содержание кислорода, чем потребовалось бы для полного сжигания топлива. Если бы увеличилось содержание кислорода в псевдоожиженном слое, произошло бы быстрое увеличение температуры вследствие горения избытка топлива, и псевдоожиженный слой оказался бы быстро закупоренным, и, следовательно, оказалась бы необходимой приостановка эксплуатации котла с псевдоожиженным слоем.

По этой причине всегда необходимо заблаговременное вычисление технологических параметров для конкретного котла и конкретного топлива, причем на результаты вычисления одновременно влияют конструкция и размер котла, тип топлива, в частности содержание в нем кислорода, углерода, серы, азота, водорода и, если это целесообразно, других веществ, а также характеристики топлива и температура плавления золы.

На основании вышеупомянутых вычислений регулируют содержание кислорода в псевдоожиженном слое для конкретного котла с псевдоожиженным слоем, конкретного топлива, т.е. конкретных характеристик композиции горючих веществ в топливе, а также для конкретного соотношения воздуха и рециркуляционных топочных газов, подаваемых в качестве псевдоожижающей среды в псевдоожиженный слой.

Топливо подают в котел с псевдоожиженным слоем, используя бункер или конвейер, а затем желоб. В некоторых случаях для улучшенного распределения топлива по поверхности псевдоожиженного слоя добавляют газ-носитель, чтобы увеличивать импульс топлива. Газ-носитель обычно представляет собой вторичный воздух. Распространение топлива (через единственный желоб) ограничено определенным размером площади слоя. В зависимости от типа котла с псевдоожиженным слоем величины площади псевдоожиженного слоя, а также типа топлива и его свойств выбирают число желобов, через которые топливо попадает в камеру сгорания, т.е. в псевдоожиженный слой.

При попытке сжигания топлива нескольких типов с различными характеристиками топлива и характеристиками горения возникают технологические проблемы вследствие неоднородности топлива в пространстве псевдоожиженного слоя, в частности в котлах, имеющих увеличенные размеры или увеличенную площадь псевдоожиженного слоя. По существу, когда подают топливо нескольких типов двумя или большим числом питающих устройств в общий бункер, происходит сегрегация топлива каждого типа в бункере котла, в частности в случае топлива с различными характеристиками. Чем больше различаются характеристики топлива, тем больше степень сегрегации топлива индивидуального типа и, следовательно, поток в другую часть псевдоожиженного слоя, и/или вследствие различных значений объемной плотности топлива возникает периодическое прерывание потока одного топлива потоком другого топлива с образованием области псевдоожиженного слоя, в которой, например, отсутствует первое топливо, причем тогда параметры регулирования котла, вычисленные для топливной смеси, не будут соответствовать такому локальному составу топливной смеси/единственного топлива.

Как упомянуто выше, типы топлива различаются по своим характеристикам, включая, в частности, требуемое количество подаваемого кислорода и критическую температуру плавления золы, и их различия можно учитывать при регулировании котла, в частности, когда регулируют содержание кислорода и температуру псевдоожижающей среды и, возможно, вторичного воздуха/газа. Эти характеристики учи-

тывают для смеси в целом, а не для какой-либо локальной неоднородности топливной смеси в псевдоожиженном слое. Таким образом, в частности, происходит локальное сплавление псевдоожиженного слоя, в частности, в тех областях, где топливо подают в псевдоожиженный слой вместо ожидаемой топливной смеси, или получаемая топливная смесь не соответствует среднему составу подаваемой топливной смеси.

Указанные проблемы становятся еще более выраженными, когда топливо каждого типа подают через отдельный бункер или отдельный конвейер, где несмотря на попытки "вдувания" или "вбрасывания" топлива каждого типа, подаваемого каждым бункером или каждым конвейером, по всему псевдоожиженному слою.

Хотя известны указанные проблемы, до настоящего времени не было сообщений о предлагаемом в данной заявке перемешивании топлива перед его введением в котел с псевдоожиженным слоем. Если бы для этой цели был предназначен смеситель, он должен был бы представлять собой самостоятельное устройство, которое было бы дорогостоящим (в изготовлении и эксплуатации) и занимало бы много места, и, во-вторых, для достаточно тщательного перемешивания топливной смеси происходила бы потеря времени на получение топливной смеси.

Как указано выше, при субстехиометрическом сжигании псевдоожиженный слой содержит избыток топлива, а также имеет меньшее содержание кислорода, чем бы потребовалось для полного сжигания топлива. Топливо сгорает неидеально, т.е. его присутствующий в наибольшем содержании компонент (углерод) сгорает до СО. Если бы увеличивалось содержание кислорода в псевдоожиженном слое, топливо бы сгорало вследствие горения избытка топлива до СО<sub>2</sub>, таким образом, увеличивая теплотворную способность топлива (от приблизительно 30 до 100%, т.е. от 10,3 до 33,8 МДж/кг), что соответствует увеличению в три раза выделяемого тепла и приводит к быстрому увеличению температуры и к быстрому закупориванию псевдоожиженного слоя с необходимостью последующей приостановки эксплуатации котла с псевдоожиженным слоем. По существу, когда содержание воздуха увеличивается на 10%, выделение тепла увеличивается на 30%. Это приводит к нарушению теплового баланса в псевдоожиженном слое и к быстрому увеличению температуры в псевдоожиженном слое. Как описано в настоящем документе, для сжигания топлива различных типов требуются различные количества кислорода; таким образом, неравномерность подачи топлива представляет собой причину, по которой оказывается невозможным простое одновременное сжигание топлива множества типов или непрерывное или ступенчатое изменение соотношения компонентов топлива без неблагоприятного изменения температуры в псевдоожиженном слое и риска для эксплуатации котла с псевдоожиженным слоем.

Таким образом, задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы допустить сжигание топлива нескольких типов с различными характеристиками сжигания и регулирование котла с псевдоожиженным слоем в таком режиме, чтобы не наносить ему ущерб посредством закупоривания. Следующая задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы обеспечить регулирование сжигания в котле с псевдоожиженным слоем и переключение с одной топливной смеси на другую.

Кроме того, топливо некоторых типов, в частности топливо на основе сточного ила, сельскохозяйственной биомассы и разделенных муниципальных отходов может содержать хлор в значительном количестве, которое составляет, как правило, вплоть до 1% и находится в диапазоне от 0,2 до 0,5% Cl в расчете на сухое вещество. Топливо указанных типов для котла представляет собой реальную опасность коррозии, в частности высокотемпературной хлорной коррозии (HCl) и хлоридной коррозии (хлоридные соли). Коррозия обоих указанных типов воздействует на теплообменные поверхности котла, в частности на поверхности, которые находятся в условиях отсутствия или недостаточного охлаждения, такие как футеровка, тепловые циклоны, завесы, шторы, вставные горелки (которые не имеют воздушного или парового охлаждения), а также перегреватели и решетчатые сопла для текучей среды.

Холодным поверхностям угрожает низкотемпературная хлорная коррозия, которую вызывают кислые компоненты конденсата топочного газа, в частности HCl и SO<sub>2</sub>. Чтобы предотвратить этот риск, производят вычисления для эксплуатации котла, в частности для регулирования температур в псевдоожиженном слое и над псевдоожиженным слоем, а также температур топочных газов, используемых для получения нагретой воды/перегретой воды/пара в системе. Указанные вычисления должны учитывать предполагаемое содержание Cl в топливной смеси, и, если оно является значительным, необходимо регулировать температуру топочного газа, подаваемого в теплообменники, таким образом, чтобы уменьшить риск коррозии. Однако если возникают локальные неоднородности топливной смеси в псевдоожиженном слое, вычисленные значения температуры и содержания кислорода могут оказаться недостаточными для предотвращения/достаточного уменьшения вышеупомянутой коррозии, поскольку содержание хлора не компенсируется посредством связывания кальцием из вводимого CaCO<sub>3</sub> в некоторых точках в псевдоожиженном слое, и, в общем, содержание и температура псевдоожижающей среды или вторичного воздуха не принимают соответствующие значения в некоторых областях или в некоторые моменты времени.

В частности, если полученное из разделенных муниципальных отходов топливо, (RDF) или сточный ил сжигали в котлах, его сжигали в котлах, которые имели относительно низкую температуру пара, составляющую вплоть до 400°C, в исключительных случаях вплоть до 420°C. При этом давление обычно

составляло вплоть до 40 бар, и температура поступающей воды составляла 105°C. Это объясняется тем, что при повышенной температуре пара на перегреватели воздействовала высокотемпературная хлорная и хлоридная коррозия, а затем на конечные теплообменники (Luwa) действовала низкотемпературная хлорная коррозия. Коррозия указанных типов также воздействовала на футеровку котла. Чтобы уменьшить коррозию, для перегревателей и конечных теплообменников использовали материал типа инконель. Коррозия указанных материалов уменьшалась, и срок службы в условиях коррозии увеличивался, но за счет непропорционально высокой цены котла. Однако применение материалов типа инконель не предотвращало осаждение легкоплавких хлоридов (KCl, NaCl, CaCl<sub>2</sub>) с образованием стекловидных осадков на имеющих нулевое или недостаточное охлаждение поверхностях котла. Именно под стекловидными осадками действуют соли, которые разрушают материалы. При контакте щелочных металлов с хлором образуются хлориды, причем температура плавления золы составляет 801°C для NaCl, 768°C для KCl и 782°C для CaCl<sub>2</sub>; аналогичные температуры плавления имеют также некоторые хлоридные соли тяжелых металлов, в частности Cd, Cu, Pb и Zn, которые в течение более продолжительного времени выдерживания при температурах, обычно превышающих 800°C, соединяются с хлором, образуя хлоридные соли тяжелых металлов. Воздействие хлоридов указанных тяжелых металлов является таким же, как в случае KCl, NaCl и CaCl<sub>2</sub>; в процессе их течения из топочного газа они осаждаются, главным образом, на котлах-перегревателях, где они вызывают хлоридную коррозию, которая постепенно разрушает даже весьма дорогостоящие материалы типа инконель. Стекловидные отложения растут и создают корки, которые постепенно склеивают все теплообменники до такой степени, что становится необходимой приостановка эксплуатации котла, причем его очистка оказывается затруднительной. Уменьшение высокотемпературной коррозии можно предотвратить посредством добавления известняка в топливо котла с псевдооживленным слоем, где известняк связывает органический хлор с образованием CaCl<sub>2</sub>. Т.е. образуются соли, которые подобно KCl и NaCl вызывают хлоридную коррозию, которая является более опасной, чем высокотемпературная хлорная коррозия, потому что она также производит неустраняемые или неудовлетворительно устранимые отложения помимо коррозии.

Так называемый способ удаления хлора иногда используют для удаления отложений хлоридных солей, причем в этом способе используют раствор сульфата аммония согласно приведенным ниже уравнениям, где хлориды превращаются в хлористый водород (HCl), который является менее опасным, чем хлоридные соли



Этот способ уменьшает количество отложений приблизительно на 50%, но с практической точки зрения он оказывается бесполезным. Если образуется даже тонкий слой отложений, коррозия все же будет происходить. Таким образом, этот способ чрезмерно увеличивает эксплуатационные расходы. Введение сульфата аммония используют аналогично селективному некаталитическому восстановлению NO<sub>x</sub>.

Следующая задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы обеспечить регулируемое сжигание в котле с псевдооживленным слоем таким образом, что он может быть выполнен с возможностью устранения образования хлора и хлоридной коррозии на теплообменниках, которые нагреваются топочными газами, и на соплах с псевдооживленным слоем (так называемых Luwa).

#### **Краткое раскрытие техники изобретения**

Перечисленные выше задачи и некоторые другие задачи решает предложение системы котла с псевдооживленным слоем и способа сжигания, которые определены в формуле настоящего изобретения.

В частности, вышеупомянутые недостатки предшествующего уровня техники в значительной степени устраняет система котла с псевдооживленным слоем согласно настоящему изобретению, причем вышеупомянутая система содержит

тепловой котел с псевдооживленным слоем, содержащий камеру сгорания;

первый конвейер для подачи топливной смеси в тепловой котел с псевдооживленным слоем и/или для загрузки топливной смеси в камеру сгорания;

первый топливный питатель и второй топливный питатель, причем первый выпуск первого питателя и первый выпуск второго питателя открываются на поверхность или внутрь первого конвейера, и при этом вышеупомянутые выпуски расположены в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга.

Преимущественно первый выпуск первого питателя и первый выпуск второго питателя открываются на поверхность или внутрь первого конвейера, причем отверстия вышеупомянутых выпусков расположены в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга, чтобы обеспечить возможность укладки топлива, подаваемого вторым питателем, на топливо, подаваемое первым питателем, и/или система дополнительно содержит первый топливный бункер, выпуск которого присоединен к впуску первого топливного питателя, и второй накопительный бункер, выпуск которого присоединен к впуску второго топливного питателя.

Преимущественно система содержит первый топливный бункер, выпуск которого присоединен к впуску первого топливного питателя, и второй накопительный бункер, выпуск которого присоединен к

впуску второго топливного питателя.

Согласно следующему преимущественному варианту осуществления система содержит накопительный резервуар для  $\text{CaCO}_3$  и/или накопительный резервуар, содержащий инертный материал для псевдоожиженного слоя, причем выпуски вышеупомянутых накопительных резервуаров, которые открываются на поверхность или внутрь первого конвейера, расположены на расстоянии от отверстий выпусков первого и/или второго питателей.

Согласно другому преимущественному варианту осуществления система дополнительно содержит второй конвейер для загрузки топливной смеси в камеру сгорания в области, расположенной на определенном расстоянии от области, где загружают смесь подаваемый первым конвейером, причем второй выпуск первого питателя и второй выпуск второго питателя открываются на поверхность или внутрь вышеупомянутого второго конвейера, и при этом указанные выпуски расположены в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга.

Согласно следующему преимущественному варианту осуществления система дополнительно содержит третий топливный бункер, выпуск которого присоединен к впуску третьего топливного питателя, причем первый выпуск вышеупомянутого питателя открывается на поверхность или внутрь первого конвейера, и четвертый топливный бункер, выпуск которого присоединен к впуску четвертого топливного питателя, причем первый выпуск последнего питателя также открывается на поверхность или внутрь первого конвейера, и при этом первые выпуски вышеупомянутых питателей имеют соответствующие отверстия, расположенные в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга на поверхности или внутри первого конвейера.

Преимущественно система дополнительно содержит первый желоб, открывающийся в камеру сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, причем выпуск вышеупомянутого первого желоба присоединен к выпуску первого конвейера. Кроме того, преимущественно система дополнительно содержит второй желоб, открывающийся в камеру сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, причем выпуск вышеупомянутого второго желоба присоединен к выпуску второго конвейера, и при этом выпуски первого и второго желобов расположены на расстоянии друг от друга в горизонтальной проекции.

Согласно следующему преимущественному варианту осуществления система дополнительно содержит первый питающий турникет для загрузки топливной смеси, подаваемой первым конвейером в первый желоб, и второй питающий турникет для загрузки топливной смеси, подаваемой вторым конвейером во второй желоб.

Согласно особенно преимущественному варианту осуществления первый конвейер и/или второй конвейер представляет собой червячный конвейер, и/или цепной конвейер, и/или ленточный конвейер, и/или звеньевой конвейер.

Система может дополнительно содержать питающий канал для псевдоожижающей среды, причем вышеупомянутый питающий канал открывается в псевдоожижающие впуски камеры сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, и по меньшей мере один питающий канал для вторичного воздуха или для вторичного газа.

Преимущественно система теплового котла с псевдоожиженным слоем дополнительно содержит первое теплообменное устройство, у которого выпуск топочных газов присоединен к выпуску топочных газов теплового котла с псевдоожиженным слоем, и содержит по меньшей мере один теплообменник для нагревания воды, и/или для нагревания смеси пара и воды, и/или для нагревания пара посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожиженным слоем и проводимых по поверхности по меньшей мере одного вышеупомянутого теплообменника.

Преимущественно такая система теплового котла с псевдоожиженным слоем дополнительно содержит второе теплообменное устройство, у которого выпуск топочных газов присоединен к выпуску топочных газов первого теплообменного устройства, причем вышеупомянутое второе теплообменное устройство содержит

теплообменник для предварительного нагревания воды, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника необязательно присоединен к нагревателю, и/или

теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен с выпуском топочных газов второго теплообменного устройства, и его выпуск может быть соединен по меньшей мере с одним вышеупомянутым каналом для питания теплового котла с псевдоожиженным слоем вторичным воздухом или вторичным газом, и/или

теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен с выпуском топочных газов второго теплообменного устройства, и его выпуск может быть соединен с вышеупомянутыми псевдоожижающими впусками, и/или

теплообменник для нагревания вторичного воздуха, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен по меньшей мере с одним каналом для питания теплового котла с псевдоожиженным слоем вторичным воздухом, и/или

теплообменник для нагревания первичного воздуха, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен с вышеупомянутыми псевдоожижающими впусками.

Преимущественно система теплового котла с псевдоожиженным слоем согласно настоящему изо-

бретению включает второе теплообменное устройство, у которого выпуск топочных газов может быть соединен с выпуском топочных газов первого теплообменного устройства, причем вышеупомянутое второе теплообменное устройство содержит

теплообменник для нагревания вторичного воздуха, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен по меньшей мере с одним каналом для питания теплового котла с псевдоожиженным слоем вторичным воздухом,

теплообменник для нагревания первичного воздуха, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен с вышеупомянутыми псевдоожижающими впусками,

и при этом теплообменник для нагревания вторичного воздуха расположен, по отношению к направлению потока топочных газов во втором устройстве, выше по потоку относительно теплообменника для нагревания первичного воздуха.

Согласно особенно преимущественному варианту осуществления система теплового котла с псевдоожиженным слоем содержит регулирующий блок, выполненный с возможностью, на основании соотношения выходных мощностей теплообменников, содержащихся во втором устройстве, регулирования соотношения воздуха и рециркуляционных топочных газов в псевдоожижающей среде, подаваемой в псевдоожижающие впуски таким образом, что температура псевдоожижающей среды, проводимой через псевдоожижающие впуски, составляет менее чем  $250^{\circ}\text{C}$ , предпочтительно менее чем  $220^{\circ}\text{C}$ , предпочтительнее менее чем  $200^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $180^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $160^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $140^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $120^{\circ}\text{C}$  и наиболее предпочтительно менее чем  $100^{\circ}\text{C}$ , и/или таким образом, что температура топочных газов над псевдоожиженным слоем составляет менее чем  $890^{\circ}\text{C}$ , предпочтительно менее чем  $850^{\circ}\text{C}$ , предпочтительнее менее чем  $800^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $780^{\circ}\text{C}$  и наиболее предпочтительно менее чем  $750^{\circ}\text{C}$ , и/или выполненный с возможностью регулирования подачи вторичного газа, который поступает в тепловой котел с псевдоожиженным слоем и содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожиженным слоем, таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего впуска вторичного газа составляет менее чем  $980^{\circ}\text{C}$ , предпочтительно менее чем  $950^{\circ}\text{C}$ , предпочтительнее менее чем  $920^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $890^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $860^{\circ}\text{C}$  и наиболее предпочтительно менее чем  $800^{\circ}\text{C}$ , и/или таким образом, что температура топочных газов внутри первого теплообменного устройства, в частности, в области, где топочные газы проводят к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и/или к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов, составляет менее чем  $850^{\circ}\text{C}$ , предпочтительно менее чем  $830^{\circ}\text{C}$ , предпочтительнее менее чем  $780^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $750^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $700^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $680^{\circ}\text{C}$ , еще предпочтительнее менее чем  $650^{\circ}\text{C}$  и наиболее предпочтительно менее чем  $620^{\circ}\text{C}$ .

В связи с этим оказывается преимущественным, если система дополнительно содержит теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов, добавляемых в первичный воздух, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен с выпуском топочных газов второго теплообменного устройства, и его выпуск может быть соединен с псевдоожижающими впусками, и при этом вышеупомянутый теплообменник расположен по отношению к направлению потока топочных газов во втором устройстве выше по потоку относительно теплообменника для нагревания вторичного воздуха.

Оказывается также преимущественным, если система дополнительно содержит теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника может быть соединен с выпуском топочных газов второго теплообменного устройства, и его выпуск может быть соединен по меньшей мере с одним впуском для питания теплового котла с псевдоожиженным слоем вторичным газом или вторичным воздухом, и при этом вышеупомянутый теплообменник расположен по отношению к направлению потока топочных газов во втором устройстве выше по потоку относительно первого теплообменника для нагревания рециркуляционных топочных газов (если он присутствует) или выше по потоку относительно теплообменника для нагревания вторичного воздуха.

Кроме того, оказывается также преимущественным, если система дополнительно содержит теплообменник для предварительного нагревания воды, причем вышеупомянутый теплообменник расположен по отношению к направлению потока топочных газов выше по потоку относительно вышеупомянутых теплообменников во втором теплообменном устройстве.

Вышеупомянутые недостатки предшествующего уровня техники также в значительной степени устраняет способ одновременного сжигания топлива по меньшей мере двух типов в тепловом котле с псевдоожиженным слоем, в котором псевдоожижающую среду вдувают снизу в тепловой котел с псевдоожиженным слоем, причем первое топливо подают первым питателем на поверхность или внутрь первого конвейера, транспортируют первым конвейером в тепловой котел с псевдоожиженным слоем, а затем загружают в камеру сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, а второе топливо подают вторым питателем на поверхность или внутрь первого конвейера, причем область для подачи первого топлива расположена рядом с областью для подачи второго топлива или на расстоянии от нее, и при

этом второе топливо укладывают на первое топливо, транспортируют первым конвейером в тепловой котел с псевдооживленным слоем, а затем загружают вместе с первым топливом в камеру сгорания теплового котла с псевдооживленным слоем.

В общем, способ заключается в том, что второе топливо укладывают на первое топливо, и в том случае, где конвейер представляет собой цепной конвейер, ленточный конвейер или звеньевой конвейер, такую топливную смесь, содержащую два уложенных друг на друга слоя топлива различных типов в заданном соотношении, загружают в камеру сгорания (непосредственно или посредством желоба). В том случае, где используют червячный конвейер, топливо различных типов смешивают при прохождении через конвейер, но остается неизменным заданное взаимное соотношение различных типов топлива, вводимого в камеру сгорания. В заявленной конструкционной конфигурации система теплового котла с псевдооживленным слоем также выполнена с возможностью укладки второго топлива на первое топливо или подачи второго топлива в первый накопительный бункер.

Топливо вышеупомянутых типов преимущественно выбрано из группы, которую составляют топливо, получаемое из разделенных муниципальных отходов, предпочтительно топливо, имеющее гранулированную форму, бурый уголь, каменный уголь, нефтяной кокс, древесные стружки, гранулы на древесной основе, скорлупа кокосовых орехов, гранулы или брикеты сельскохозяйственной биомассы, топливо, получаемое из ила водоочистных станций, топливо, получаемое в результате переработки пищевых продуктов, кормовых растений и биомассы, топливо, получаемое из сельскохозяйственных отходов, топливо, получаемое из отходов производства масел или зерновых спиртов, в частности из кубовых остатков, или топливо, получаемое из лигнина, отрубей, соломенной сечки или сельскохозяйственного навоза.

Как упомянуто выше, топливо одного из пригодных к применению типов может представлять собой топливо, получаемое из разделенных муниципальных отходов, предпочтительно топливо, имеющее гранулированную форму и подаваемое в количестве, соответствующем по меньшей мере 50 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 70 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 80 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 90 мас.% по отношению к полному количеству топлива, подаваемого в камеру сгорания теплового котла с псевдооживленным слоем.

Оказывается также преимущественным, если псевдооживляющую среду вдувают в тепловой котел с псевдооживленным слоем через соответствующие впуски, и если вторичный газ вдувают в тепловой котел с псевдооживленным слоем не менее чем на одном уровне высоты выше уровня впусков для псевдооживляющей среды, предпочтительно не менее чем на двух различных уровнях высоты, предпочтительно не менее чем на двух различных уровнях высоты.

Преимущественно вторичный газ вдувают в тепловой котел с псевдооживленным слоем не менее чем на двух уровнях высоты выше псевдооживленного слоя, причем часть вторичного газа, которую подают на одном уровне, отличается по своему составу и/или температуре от части, подаваемой на другом уровне.

Топочные газы, выпускаемые из теплового котла с псевдооживленным слоем, могут быть преимущественно проведены в первое теплообменное устройство, содержащее по меньшей мере один теплообменник для нагревания воды, и/или для нагревания смеси пара и воды, и/или для нагревания пара посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдооживленным слоем, после чего вышеупомянутые топочные газы проводят во второе теплообменное устройство, в котором топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного теплообменника для нагревания вторичного воздуха, а затем по поверхности по меньшей мере одного теплообменника для нагревания первичного воздуха, причем воздух, нагретый в теплообменнике для нагревания первичного воздуха, подают в псевдооживляющие впуски теплового котла с псевдооживленным слоем, и воздух, нагретый в теплообменнике для нагревания вторичного воздуха, подают в тепловой котел с псевдооживленным слоем не менее чем на одном уровне, соответствующем уровню для подачи вторичного газа в тепловой котел с псевдооживленным слоем.

Преимущественно топочные газы проводят по поверхности теплообменника для предварительного нагревания рециркуляционных топочных газов, добавляемых в псевдооживляющую среду, перед проведением по поверхности теплообменника для нагревания вторичного воздуха во втором теплообменном устройстве, причем рециркуляционные топочные газы подают в псевдооживляющие впуски теплового котла с псевдооживленным слоем после предварительного нагревания в первом теплообменнике.

Оказывается также преимущественным, если топочные газы протекают по поверхности теплообменника для нагревания рециркуляционных топочных газов, добавляемых во вторичный газ, перед подачей на поверхность теплообменника для предварительного нагревания рециркуляционных топочных газов, добавляемых в псевдооживляющую среду (если она присутствует), или перед подачей на поверхность теплообменника для нагревания вторичного воздуха, причем топочные газы проводят через фильтр после пропускания через второе теплообменное устройство, после чего часть топочных газов подают в теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов, добавляемых во вторичный газ, причем последний теплообменник подает топочные газы по меньшей мере в один выпуск для подачи вторичного газа в тепловой котел с псевдооживленным слоем.

Согласно особенно преимущественному варианту осуществления температуру псевдооживляющей

среды, подаваемой через псевдоожижающие впуски, регулируют на основании соотношения рециркуляционных топочных газов и воздуха в псевдоожижающей среде, подаваемой в псевдоожижающие впуски, и на основании соотношения тепловых мощностей во втором теплообменном устройстве, таким образом, что вышеупомянутая температура составляет менее чем 250°C, предпочтительно менее чем 220°C, предпочтительнее менее чем 200°C, еще предпочтительнее менее чем 180°C, еще предпочтительнее менее чем 160°C, еще предпочтительнее менее чем 140°C, еще предпочтительнее менее чем 120°C и наиболее предпочтительно менее чем 100°C, и/или таким образом, что температура топочных газов над псевдоожиженным слоем составляет менее чем 890°C, предпочтительно менее чем 850°C, предпочтительнее менее чем 800°C, еще предпочтительнее менее чем 780°C и наиболее предпочтительно менее чем 750°C, и/или подачу вторичного газа, который поступает в тепловой котел с псевдоожиженным слоем и содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожиженным слоем, регулируют таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего впуска вторичного газа составляет менее чем 980°C, предпочтительно менее чем 950°C, предпочтительнее менее чем 920°C, еще предпочтительнее менее чем 890°C, еще предпочтительнее менее чем 860°C и наиболее предпочтительно менее чем 800°C, и/или подачу вторичного газа регулируют таким образом, что температура топочных газов внутри первого теплообменного устройства, в частности, в области, где топочные газы проводят к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и/или к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов, составляет менее чем 850°C, предпочтительно менее чем 830°C, предпочтительнее менее чем 780°C, еще предпочтительнее менее чем 750°C, еще предпочтительнее менее чем 700°C, еще предпочтительнее менее чем 680°C, еще предпочтительнее менее чем 650°C и наиболее предпочтительно менее чем 620°C.

Преимущественно топочные газы проводят в первое теплообменное устройство после выпуска из камеры сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, причем используемая псевдоожижающая среда содержит смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов из теплового котла с псевдоожиженным слоем, и при этом соотношение воздуха и рециркуляционных топочных газов в псевдоожижающей среде регулируют таким образом, что температура топочных газов над псевдоожиженным слоем составляет менее чем 890°C, предпочтительно менее чем 850°C, предпочтительнее менее чем 800°C, еще предпочтительнее менее чем 780°C и наиболее предпочтительно менее чем 750°C, и/или топочные газы проводят в первое теплообменное устройство после выпуска из теплового котла с псевдоожиженным слоем, причем топочные газы системы проводят к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и/или к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов таким образом, что получаемая температура вышеупомянутых топочных газов составляет менее чем 830°C, предпочтительно менее чем 780°C, предпочтительнее менее чем 750°C, еще предпочтительнее менее чем 700°C, еще предпочтительнее менее чем 680°C, еще предпочтительнее менее чем 650°C и наиболее предпочтительно менее чем 620°C.

Согласно особенно преимущественному варианту осуществления топочные газы проводят в первое теплообменное устройство после выпуска из камеры сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, причем используемый вторичный газ содержит исключительно вторичный воздух и/или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов из теплового котла с псевдоожиженным слоем, и при этом подачу вышеупомянутого вторичного воздуха и/или вышеупомянутой смеси воздуха и рециркуляционных топочных газов из теплового котла с псевдоожиженным слоем, используемой в качестве вторичного газа, подаваемого в тепловой котел с псевдоожиженным слоем, регулируют таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего впуска вторичного газа составляет менее чем 980°C, предпочтительно менее чем 950°C, предпочтительнее менее чем 920°C, еще предпочтительнее менее чем 890°C, еще предпочтительнее менее чем 850°C и наиболее предпочтительно менее чем 800°C, и/или топочные газы проводят в первое теплообменное устройство после выпуска из теплового котла с псевдоожиженным слоем, причем количество вторичного воздуха, подаваемого в камеру сгорания теплового котла с псевдоожиженным слоем, и/или соотношение воздуха и рециркуляционных топочных газов во вторичном газе, подаваемом в тепловой котел с псевдоожиженным слоем, регулируют таким образом, что температура топочных газов внутри первого теплообменного устройства, в частности, в области, где топочные газы проводят к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и/или к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов, составляет менее чем 850°C, предпочтительно менее чем 830°C, предпочтительнее менее чем 780°C, еще предпочтительнее менее чем 750°C, еще предпочтительнее менее чем 700°C, еще предпочтительнее менее чем 680°C, еще предпочтительнее менее чем 650°C и наиболее предпочтительно менее чем 620°C.

Оказывается также преимущественным, если используемая псевдоожижающая среда содержит исключительно первичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов из теплового

котла с псевдоожигенным слоем, причем воздух, содержащийся в вышеупомянутой смеси, предварительно нагревают в теплообменнике для предварительного нагрева воздуха посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожигенным слоем, перед введением в тепловой котел с псевдоожигенным слоем, и/или рециркуляционные топочные газы, содержащиеся в вышеупомянутой смеси нагревают в теплообменнике для нагрева рециркуляционных топочных газов посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожигенным слоем, перед введением в тепловой котел с псевдоожигенным слоем.

В качестве дополнения или в качестве альтернативы, используемый вторичный газ преимущественно содержит исключительно вторичный воздух или смесь воздуха и/или рециркуляционных топочных газов из теплового котла с псевдоожигенным слоем, причем воздух, содержащийся в вышеупомянутой смеси, предварительно нагревают в теплообменнике для предварительного нагрева воздуха посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожигенным слоем, перед введением в тепловой котел с псевдоожигенным слоем, и/или рециркуляционные топочные газы, содержащиеся в вышеупомянутой смеси, нагревают в теплообменнике для нагрева рециркуляционных топочных газов посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожигенным слоем, перед введением в тепловой котел с псевдоожигенным слоем.

В том случае, где получают пар, оказывается преимущественным, если топочные газы, выпускаемые из теплового котла с псевдоожигенным слоем, проводят в первое теплообменное устройство, где вышеупомянутые топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного перегревателя, имеющего форму теплообменника для получения перегретого пара, а затем по поверхности по меньшей мере одного нагревателя, имеющего форму теплообменника для нагрева воды и/или смеси пара и воды, подаваемой в барабан для питания перегревателя паром, после чего топочные газы проводят во второе теплообменное устройство, где вышеупомянутые топочные газы протекают по меньшей мере через один теплообменник для нагрева рециркуляционных топочных газов и по меньшей мере через один теплообменник для нагрева воздуха, после чего топочные газы проводят через фильтр, а затем соответствующим образом определенное количество топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдоожигающей среды в тепловой котел с псевдоожигенным слоем и/или по меньшей мере в один теплообменник для нагрева рециркуляционных топочных газов, из которого вышеупомянутую часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдоожигающей среды в тепловой котел с псевдоожигенным слоем, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник для нагрева воздуха.

В том случае, где получают смесь пара и воды или горячую воду, оказывается преимущественным, если топочные газы, выпускаемые из теплового котла с псевдоожигенным слоем, проводят в первое теплообменное устройство, где вышеупомянутые топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного теплообменника для получения пара, а затем по поверхности по меньшей мере одного нагревателя, имеющего форму теплообменника для нагрева воды и/или смеси пара и воды, подаваемой в барабан, после чего топочные газы проводят во второе теплообменное устройство, где вышеупомянутые топочные газы протекают по меньшей мере через один теплообменник для нагрева рециркуляционных топочных газов и по меньшей мере через один теплообменник для нагрева воздуха, после чего топочные газы проводят через фильтр, а затем соответствующим образом определенное количество топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдоожигающей среды в тепловой котел с псевдоожигенным слоем и/или по меньшей мере в один теплообменник для нагрева рециркуляционных топочных газов, из которого вышеупомянутую часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдоожигающей среды в тепловой котел с псевдоожигенным слоем, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник для нагрева воздуха.

В том случае, где получают теплую воду, оказывается преимущественным, если топочные газы, выпускаемые из теплового котла с псевдоожигенным слоем, проводят в первое теплообменное устройство, где вышеупомянутые топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного теплообменника для нагрева теплой воды, после чего топочные газы проводят во второе теплообменное устройство, где вышеупомянутые топочные газы протекают по меньшей мере через один теплообменник для нагрева рециркуляционных топочных газов и по меньшей мере через один теплообменник для нагрева воздуха, после чего топочные газы проводят через фильтр, а затем соответствующим образом определенное количество топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдоожигающей среды в тепловой котел с псевдоожигенным слоем и/или по меньшей мере в один теплообменник для нагрева рециркуляционных топочных газов, из которого вышеупомянутую часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдоожигающей среды в тепловой котел с псевдоожигенным слоем, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник для нагрева воздуха.

Преимущественно вторичный воздух вводят в трубопровод для питания камеры сгорания вторичным газом, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник для нагрева воздуха, или в который топочные газы подают

после пропускания через вышеупомянутый фильтр, причем вышеупомянутые топочные газы проводят по меньшей мере в один теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов.

Преимущественно топочные газы проводят по поверхности теплообменника для предварительного нагревания воды, которую затем подают в нагреватель, перед подачей в теплообменник для предварительного нагревания воздуха посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожиженным слоем, и/или в теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдоожиженным слоем.

Преимущественно температура псевдоожижающей среды, вдуваемой в тепловой котел с псевдоожиженным слоем, составляет менее чем 250°C, предпочтительно менее чем 220°C, предпочтительнее менее чем 200°C, еще предпочтительнее менее чем 180°C, еще предпочтительнее менее чем 160°C, еще предпочтительнее менее чем 140°C, еще предпочтительнее менее чем 120°C и наиболее предпочтительно менее чем 100°C.

Преимущественно температура питающей воды, подаваемой в теплообменник для предварительного нагревания воды, составляет по меньшей мере 105°C, предпочтительно по меньшей мере 125°C, предпочтительнее по меньшей мере 145°C, еще предпочтительнее по меньшей мере 180°C, еще предпочтительнее по меньшей мере 195°C, еще предпочтительнее по меньшей мере 210°C и наиболее предпочтительно по меньшей мере 230°C.

Таким образом, заявленный способ регулирования системы котла 1 с псевдоожиженным слоем предотвращает бесполезное увеличение температуры топочных газов внутри камеры сгорания выше абсолютно необходимого значения и обеспечивает последующее охлаждение топочных газов с максимально возможной скоростью для обеспечения достаточного уменьшения температуры топочных газов выше по потоку относительно соответствующих перегревателей и теплообменников, которые расположены в поперечном/перпендикулярном направлении по отношению к направлению потока вышеупомянутых топочных газов.

Согласно преимущественному варианту осуществления перегреватели представляют собой параллельно-поточные перегреватели, и это означает, что через части перегревателей, имеющих наиболее высокую температуру, пропускают топочные газы, имеющие наименьшую возможную температуру.

Согласно следующему преимущественному варианту осуществления в системе отсутствует какая-либо футеровка.

Благодаря конструкционным признакам и способу эксплуатации вышеупомянутой системы теплового котла с псевдоожиженным слоем согласно настоящему изобретению температуры перегревателей могут быть увеличены выше 420°C, предпочтительно выше 440°C и предпочтительнее выше 460°C.

Что касается ослабления воздействия вызываемой хлоридами коррозии и отложений в соплах решетки для текучей среды, важно уменьшение температуры псевдоожижающей среды, протекающей через сопла вышеупомянутой решетки для текучей среды. Эта цель достигается посредством расположения теплообменников для предварительного нагревания воздуха и топочных газов вместе с вентиляторным устройством, как упомянуто в описании соответствующего примерного варианта осуществления. Такое расположение делает возможным достижение оптимальных низких уровней температуры псевдоожижающей среды таким образом, чтобы сократить до минимума нежелательных эффектов коррозии и отложений.

Конструкция и расположение теплообменных поверхностей (в теплообменниках для нагревания воздуха и рециркуляционных топочных газов) может также допускать увеличение температуры питающей воды для котла без потери возможности сохранения под контролем вызываемой хлоридами коррозии сопел теплового котла с псевдоожиженным слоем. Кроме того, в результате этого может быть значительно увеличена тепловая эффективность парового цикла.

Исследование описанных выше явлений продолжалось в течение пяти лет. Для этой цели использовали тепловой котел с псевдоожиженным слоем, в котором сжигали топливо, содержащее вплоть до 0,5 мас.% хлора. Вызываемая хлоридами коррозия перегревателя и ненагретых материалов, вводимых в среду, содержащую топочные газы от сжигания вышеупомянутого топлива, а именно, в область, имеющую температуру ниже 700°C, не происходила при осуществлении заданных процедур регулирования температуры. Кроме того, на рассматриваемых поверхностях не образовывались корки и пятна отложений.

#### **Краткое описание фигур**

На фиг. 1 в форме схематического изображения представлена система теплового котла с псевдоожиженным слоем согласно примерному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 представлена фотография теплообменника, используемого с системой теплового котла с псевдоожиженным слоем согласно настоящему изобретению и не имеющего признаков отложений (вызываемой хлоридом коррозии);

на фиг. 3А - фотография теплообменника, имеющего признаки отложений;

на фиг. 3В - фотография теплообменника, где пятна отложений были удалены и где являются видимыми открытые корродированные поверхности; и

на фиг. 4 - фотография закупоренного сопла.

### Примерные варианты осуществления изобретения

Согласно примерному варианту осуществления, представленному на фигурах, система содержит тепловой котел 1 с псевдоожиженным слоем, имеющий камеру сгорания, в которую псевдоожижающая среда может быть проведена снизу через ряд псевдоожижающих впусков 2.

Выпуски пары желобов 3, 4 открываются в боковую стенку теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем. В горизонтальной проекции вышеупомянутые выпуски расположены на расстоянии друг от друга таким образом, что каждый выпуск подает индивидуальное топливо или топливную смесь в единую область псевдоожиженного слоя или в пространство, находящееся над вышеупомянутым слоем. Верхние части желобов 3, 4 снабжены впускными отверстиями 25, 26 для вторичного воздуха, а также для газаносителя, причем цель последнего заключается в том, чтобы увеличивать импульс топливной смеси, подаваемой в тепловой котел 1 с псевдоожиженным слоем. Согласно преимущественному варианту осуществления желоба 3, 4 имеют трубчатую форму. Впуски для подачи вторичного воздуха могут быть также введены через питающие турникеты 51, 52. В таком случае поток вторичного воздуха также вносит свой вклад в процесс опустошения питающих турникетов 51, 52.

Кроме того, система содержит пару конвейеров 5, 6. Первый конвейер 5 открывается в первый желоб 3, и второй конвейер 6 открывается во второй желоб 4. Согласно настоящему примерному варианту осуществления конвейеры 5, 6 представляют собой червячные конвейеры. Тем не менее, могут присутствовать ленточные конвейеры, скребковые конвейеры, вибрационные конвейеры, звеньевые конвейеры или конвейеры, имеющие простую форму достаточно большого желоба, в который открываются топливные питатели 12, 13, 14, 15, 16 и т.д.

Кроме того, система содержит топливные бункеры 7, 8, 9, 10, 11 и топливные питатели 12, 13, 14, 15, 16, причем они расположены следующим образом: первый топливный бункер 7 открывается в первый топливный питатель 12, причем два выпуска последнего открываются в первый конвейер 5 и второй конвейер 6 соответственно. Аналогичным образом, второй топливный бункер 8 открывается во второй топливный питатель 13, причем два выпуска последнего открываются в первый конвейер 5 и второй конвейер 6 соответственно. Аналогичным образом, третий топливный бункер 9, третий топливный питатель 14, четвертый топливный бункер 10, четвертый топливный питатель 15, пятый топливный бункер 11 и пятый топливный питатель 16 образуют соответствующие пары, которые, в свою очередь, присоединяются к первому и второму конвейерам 5, 6.

Система теплового котла с псевдоожиженным слоем дополнительно содержит накопительный резервуар 17 для  $\text{CaCO}_3$ , причем один выпуск вышеупомянутого накопительного резервуара открывается в первый конвейер 5, а его другой выпуск открывается во второй конвейер 6, и накопительный бункер 18 для инертного материала (т.е. негорючего компонента псевдоожиженного слоя, такого как песок), и при этом вышеупомянутый накопительный бункер также имеет два выпуска, причем первый выпуск открывается в первый конвейер 5, и второй выпуск открывается во второй конвейер 6. В качестве альтернативы, выпуски накопительного резервуара 17 для  $\text{CaCO}_3$  и накопительного бункера 18 для инертного материала могут открываться непосредственно в камеру сгорания теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем.

В нескольких точках или на нескольких уровнях впуски 19 вторичного газа (причем вторичный газ может содержать смесь вторичного воздуха и рециркуляционных топочных газов или чистый вторичный воздух) открываются в тепловой котел 1 с псевдоожиженным слоем. Согласно настоящему примерному варианту осуществления верхняя секция теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем дополнительно снабжена впуском 20 для дополнительного сжигаемого газа, в частности, для природного газа, а также впуском 21 для денитрификационной среды на основе карбамида, причем цель вышеупомянутой среды заключается в том, чтобы поддерживать процесс селективного некаталитического восстановления, называемого термином  $\text{DENO}_x$ .

Средняя и нижняя секции теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем снабжены запальными горелками 22. Кроме того, регулируемое удаляющее золу устройство 23 расположено в самой нижней секции котла, причем выпуск вышеупомянутого устройства открывается в зольный конвейер 24.

Выпуск каждого конвейера 5, 6 снабжен ротационным питающим устройством для топливных смесей, таким как питающее устройство, имеющее форму питающего турникета 51, 52, отделяющего пространство камеры сгорания от путей транспортировки топлива.

Согласно настоящему примерному варианту осуществления настоящего изобретения к выпуску 29 топочных газов системы теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем примыкает первое теплообменное устройство 27, содержащее оболочку, в которой расположено множество теплообменников, поставленных друг на друга вдоль направления потока топочных газов, а именно, первый перегреватель 28, второй перегреватель 29 и нагреватель и/или испаритель 30. Расположение вышеупомянутых теплообменников, которые соединены друг с другом в описанной выше последовательности, делает возможным подачу воды из источника в теплообменник 33 для предварительно нагревания воды (так называемый экономайзер, который подробно описан ниже) и далее в нижнюю секцию барабана 31, который расположен (в настоящей конфигурации парового типа) снаружи первого теплообменного устройства 27, откуда вода далее проводят через трубопровод в нагреватель 30, а затем (согласно этому варианту осуществления практически в форме смеси пара и воды) в верхнюю секцию барабана 31, затем в первый перегреватель 28 и,

наконец, во второй перегреватель 29, откуда перегретый пар может быть выпущен для последующего применения.

Барабан 31 также снабжен отверстиями для соединения выпуска 48 теплообменника, образующего по меньшей мере часть теплообменных поверхностей (не проиллюстрировано) камеры сгорания теплового котла 1 с псевдооживленным слоем, и выпуска 49 теплообменника, образующего по меньшей мере часть оболочки/теплообменных поверхностей (также не проиллюстрировано) первого теплообменного устройства 27. Вышеупомянутые теплообменники, которые не проиллюстрированы на фигуре, могут представлять собой теплообменники для пара, горячей воды или теплой воды, предпочтительно состоящие из диафрагмы/трубчатых стенок.

Преимущественно перегреватели 28, 29 могут быть сконструированы как вертикальные теплообменники в форме пучка труб с продольным направлением потока предпочтительно как параллельно-поточные теплообменники. В этой конфигурации никакие поперечные пучки труб не установлены под теплообменниками, где сдутое клейкое вещество могло бы в противном случае образовать отложения. Согласно настоящему примерному варианту осуществления перегреватели 28, 29 представляют собой теплообменники в форме пучка труб, которые расположены в поперечном направлении, т.е. перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов.

Процесс сжигания и последующего выпуска топочных газов можно преимущественно регулировать таким образом, чтобы обеспечивать в камере сгорания температуру, которая не превышает 950°C, предпочтительно 930°C, предпочтительнее 900°C, предпочтительнее 870°C, предпочтительнее 850°C, еще предпочтительнее 800°C и наиболее предпочтительно 770°C; и одновременно чтобы температура топочных газов, подаваемых в перегреватели, не превышала 850°C, предпочтительно 800°C, предпочтительнее 780°C, предпочтительнее 750°C, предпочтительнее 720°C, предпочтительнее 700°C, предпочтительнее 680°C, еще предпочтительнее 650°C и наиболее предпочтительно 620°C.

В том случае, где сжигают конкретные отходы, такие как разделенные муниципальные отходы или ил из водоочистной станции, оказывается необходимым поддержание температуры в камере сгорания выше 850°C, причем задержка удаления топочных газов должна составлять две секунды. Далее в настоящем документе будет описана система, обеспечивающая поддержание вышеупомянутой температуры или других температур.

По отношению к возможным флуктуациям температуры внутри камеры сгорания и, таким образом, к флуктуациям температуры топочных газов, подаваемых в перегреватели 28, 29, оказывается преимуществом, если подходящие паровые форсунки (не проиллюстрировано) открываются в первое теплообменное устройство 27, причем вышеупомянутые форсунки иногда оказываются пригодными для применения в очистке теплообменных поверхностей теплообменников, в частности, для удаления золы и клейкого вещества с теплообменных поверхностей перегревателей 28, 29.

Согласно следующим вариантам осуществления, которые не представлены на фигурах, некоторые части первого устройства 27 могут отличаться или отсутствовать (в частности, по отношению к требованиям, связанным с конечной температурой воды/пара); например, могут отсутствовать барабан 31, первый и/или второй перегреватели 28, 29 и т.д.

Выпуск топочных газов первого теплообменного устройства 27 открывается во второе теплообменное устройство 32, включающее оболочку, в котором присутствуют теплообменник 33 для предварительного нагревания воды, подаваемой в барабан 31, теплообменник 34 для нагревания рециркуляционных топочных газов, вводимых во вторичный воздух для цели получения вторичного газа, теплообменник 35 для предварительного нагревания рециркуляционных топочных газов, вводимых в первичный воздух для попутного образования псевдооживляющей среды, теплообменник 36 для нагревания вторичного воздуха перед его введением в тепловой котел с псевдооживленным слоем и теплообменник 37 для предварительного нагревания первичного воздуха, причем вышеупомянутые теплообменники расположены в потоке топочных газов (наиболее предпочтительно в описанной выше последовательности вдоль направления потока топочных газов). Второе теплообменное устройство 32 также не должно обязательно содержать все представленные компоненты. Это означает, например, что могут отсутствовать теплообменник 33 для предварительного нагревания воды и/или теплообменник 34 для нагревания рециркуляционных топочных газов, вводимых во вторичный воздух для цели получения вторичного газа и т.д. Другие последовательности теплообменников 34 до 37 также являются возможными, но описанная выше конфигурация считается наиболее преимущественной.

Выпускное отверстие для выпуска топочных газов из второго теплообменного устройства 32 соединено с дымовой трубой 42 через фильтр 40 и выпускающий топочные газы вентилятор 41.

Подача воздуха в теплообменник 37 для предварительного нагревания первичного воздуха обеспечена посредством первичного вентилятора 43. подача воздуха в теплообменник 36 для предварительного нагревания вторичного воздуха обеспечена посредством вторичного вентилятора 44. подача рециркуляционных топочных газов в теплообменник 35 для предварительного нагревания рециркуляционных топочных газов, которые добавляют в первичный воздух в качестве компонента псевдооживляющей среды, вводимой в тепловой котел 1 с псевдооживленным слоем, обеспечена посредством первого рециркуляционного вентилятора 45, который соединен с выпускным трубопроводом фильтра 40 и/или с выпускным

трубопроводом выпускающего топочные газы вентилятора 41. Подача рециркуляционных топочных газов в теплообменник 34 для нагревания рециркуляционных топочных газов, которые добавляют во вторичный газ перед его введением в тепловой котел 1 с псевдооживленным слоем, обеспечена посредством второго рециркуляционного вентилятора 46, который также соединен с выпускным трубопроводом фильтра 40 и/или с выпускным трубопроводом выпускающего топочные газы вентилятора 41.

Очевидно, что не станет необходимым применение всех из вышеупомянутых теплообменников, и это означает, что один из теплообменников топочных газов с воздухом или топочных газов с газом, т.е. теплообменников, которые нагревают/предварительно нагревают воздух или рециркуляционные топочные газы, может отсутствовать, или, в качестве альтернативы, он может быть сконструирован иным образом, чем теплообменник, который использует воздух или рециркуляционные топочные газы. Например, можно нагревать дополнительные воздушные потоки, служащие для предварительного нагревания окружающего воздуха. Другая альтернатива представляет собой применение теплообменника для нагревания воды посредством топочных газов, где теплая или горячая вода служит для применения рециркуляционного тепла иным образом, чем описано выше. Однако предложенная система считается наиболее предпочтительной.

Устройство, представленное на фиг. 1, дополнительно содержит температурные датчики Т, манометры Р и расходомеры Q.

Система дополнительно содержит регулирующий блок (не проиллюстрировано), который присоединен к конвейерам 5, 6 для регулирования их скоростей, к топливным питателям 12-16 для регулирования соответствующих процессов подачи топлива, к накопительному резервуару 17 для  $\text{CaCO}_3$ , к накопительному бункеру 18 для инертного материала, а также, по меньшей мере, к некоторым из температурных датчиков Т, манометров Р и расходомеров Q. Кроме того, указанный регулирующий блок может быть присоединен к питающим турникетам 51, 52, а также к клапанам и/или вентиляторам для регулирования подачи псевдооживляющей среды в псевдооживляющие впуски 2 или для регулирования подачи первичного воздуха и рециркуляционных топочных газов в общий трубопровод для подачи псевдооживляющей среды в тепловой котел 1 с псевдооживленным слоем, для регулирования эксплуатации впусков 19 вторичного газа (и, в зависимости от обстоятельств, для регулирования количества рециркуляционных топочных газов, добавляемых во вторичный воздух), для регулирования эксплуатации впуска 20 для подачи дополнительного горючего газа и для регулирования эксплуатации впуска 21 для подачи денитрификационной среды в тепловой котел 1 с псевдооживленным слоем.

В течение эксплуатации системы, представленной на фигуре,  $\text{CaCO}_3$ , топливо и инертный материал непрерывно подают на конвейеры 5, 6. (В качестве альтернативы,  $\text{CaCO}_3$  и инертный материал можно подавать непосредственно в камеру сгорания теплового котла с псевдооживленным слоем.) Состав топливной смеси регулируют таким образом, что топливо различных типов дозируют, а затем подают с определенной скоростью, причем вышеупомянутая скорость соответствует определенной массе или объему за единицу времени. Это осуществляют посредством питателей 12, 13, 14, 15, 16, причем установка последних определяет взаимные соотношения содержания топлива различных типов в конечной топливной смеси, подаваемой в тепловой котел 1 с псевдооживленным слоем. Таким образом, в тепловой котел 1 с псевдооживленным слоем согласно настоящему примерному варианту осуществления подают через желоба 3, 4 непрерывный поток, содержащий слои  $\text{CaCO}_3$ , инертных материалов и топлива нескольких типов в постоянном соотношении. По этой причине не образуются области псевдооживленного слоя, которые имели бы значительно различающиеся составы, и не возникают технологические проблемы, которые были бы вызваны неоднородностью топлива в псевдооживленном слое.

Количества топлива различных типов и/или добавок, а также расположение соответствующих слоев также можно регулировать посредством питателей 12, 13, 14, 15, 16, которые установлены на конвейеры 5, 6, в частности, учитывая режим, в котором газ-носитель подают в соответствующий желоб 3, 4, а также с учетом различных объемных плотностей топлива. Цель вышеупомянутого регулирования заключается в том, чтобы предотвращать разделение газом-носителем индивидуальных компонентов посредством выдувания слоев, имеющих меньшие плотности, в различные области, а также предотвращать вытеснение компонентов, имеющих меньшие плотности, в верхние секции камеры сгорания теплового котла 1 с псевдооживленным слоем, т.е. в секцию, расположенную над псевдооживленным слоем.

Когда используемые конвейеры 5, 6 представляют собой конвейеры червячного типа, как в случае согласно настоящему примерному варианту осуществления, подаваемое топливо и добавки преимущественно перемешивают друг с другом. Такой червячный конвейер может быть расположен таким образом, который позволяет индивидуальным топливным питателям 12-16 и индивидуальным трубопроводам для подачи добавок открываться в соответствующие отдельные или общие впуски червячного конвейера или открываться на конвейерную ленту, ведущую во впуск червячного конвейера, и в результате этого все компоненты можно смешивать на конечном пути, ведущем в камеру сгорания теплового котла с псевдооживленным слоем, и подавать в соответствующий желоб 3, 4.

Если, например, конвейер 5, 6 представляют собой конвейер червячного типа, топливо различных типов всегда укладывают на такой конвейер 5, 6 в форме непрерывных слоев, имеющих точно дозированные объемы (или массы, или соотношения). Это означает, что, хотя составляющие топливной смеси,

подаваемой в камеру сгорания, не смешиваются друг с другом, состав смеси является постоянной в любой момент (или в любой короткий период времени), и данные соотношения между топливом различных типов и/или добавками остаются неизменными.

Топливо, которое может быть подано в индивидуальные накопительные бункеры, содержит RDF (топливо, полученное из разделенных муниципальных отходов), бурый уголь, каменный уголь, древесные стружки, гранулы на древесной основе, гранулы (или брикеты) сельскохозяйственной биомассы, топливо, полученное из ила водоочистных станций, топливо, полученное в результате переработки пищевых продуктов и биомассы (такой как лигнин, отруби, соломенная сечка) и т.д.

Топливо, которое подают в камеру сгорания, можно преимущественно дозировать, например, следующим образом:

от 0 до 90%, предпочтительно от 0 до 40% RDF (топливо, полученное из разделенных муниципальных отходов),

от 0 до 90%, предпочтительно от 0 до 40% бурого угля,

от 0 до 90%, предпочтительно от 0 до 40% каменного угля,

от 0 до 90%, предпочтительно от 0 до 40% древесных стружек,

от 0 до 90%, предпочтительно от 0 до 40% гранул сельскохозяйственной биомассы,

от 0 до 90%, предпочтительно от 0 до 40% древесных гранул.

Следующие иллюстративные примеры относятся к топливным смесям, которые можно сжигать в системе теплового котла с псевдооживленным слоем согласно настоящему изобретению или в соответствии со способом согласно настоящему изобретению.

Смесь 1.

RDF 30% (где RDF означает топливо, полученное из разделенных муниципальных отходов),

бурый уголь 20%,

каменный уголь 25%,

древесные стружки 20%,

гранулы Ekover 5% (т.е. гранулы, полученные из растительных материалов, таких как фрагменты семян, поверхностные слои семян, нестандартные семена, соломенная сечка, цветковая чешуя, ость, фрагменты других частей растений, семена сорняков и некультивируемых растений, крошки биологических материалов и т.п.).

Смесь 2.

RDF - 50%,

бурый уголь - 10%,

древесные стружки - 20%,

гранулы сельскохозяйственной биомассы - 20%.

Смесь 3.

RDF - 70%,

бурый уголь - 5%,

древесные стружки - 25%,

гранулы сельскохозяйственной биомассы - 0%.

Смесь 4.

RDF - 10%,

бурый уголь - 10%,

каменный уголь - 5%,

древесные стружки - 50%,

гранулы сельскохозяйственной биомассы - 25%.

Смесь 5.

RDF - 35%,

каменный уголь - 5%,

древесные стружки - 50%,

древесные гранулы - 10%.

Согласно представленному примерному варианту осуществления используют два конвейера 5, 6. Разумеется, можно использовать только один конвейер 5 или, напротив, три или большее число конвейеров в зависимости от площади горизонтальной проекции камеры сгорания или псевдооживленного слоя в тепловом котле 1 с псевдооживленным слоем.

Как правило, оказывается предпочтительным, если система снабжена по меньшей мере одним впуском для подачи топливной смеси в камеру сгорания теплового котла 1 с псевдооживленным слоем, и/или по меньшей мере одним конвейером 5, 6, и/или по меньшей мере одним желобом 3, 4 в расчете на площадь горизонтальной проекции, составляющую 20 м<sup>2</sup>, предпочтительно 18 м<sup>2</sup>, предпочтительнее 16 м<sup>2</sup>, еще предпочтительнее 12 м<sup>2</sup>, еще предпочтительнее 10 м<sup>2</sup>, еще предпочтительнее 8 м<sup>2</sup> и наиболее предпочтительно 6 м<sup>2</sup>. Оказывается также предпочтительным, если система снабжена не более чем одним впуском для подачи топлива в камеру сгорания или не более чем одним конвейером 5, и/или не более чем одним желобом 3 в расчете на площадь горизонтальной проекции, составляющую 3 м<sup>2</sup>.

Согласно представленному варианту осуществления используют пять топливных бункеров 7-11 и пять соответствующих топливных питателей 12-16. Разумеется, система может быть оборудована иным числом накопительных бункеров 7-11 и топливных питателей 12-16. Согласно следующему варианту осуществления один накопительный бункер 7 может служить для заполнения двух или большего числа топливных питателей 12-16, причем оказывается особенно преимущественным, если топливные питатели 12-16 имеют достаточно большое впускное пространство, позволяющее одному вышеупомянутому накопительному бункеру 7 поочередно подавать/пополнять топливо, например, по меньшей мере для двух из топливных питателей 12-16.

Согласно представленному варианту осуществления каждый из топливных питателей 12-16 снабжен двумя выпусками, причем один выпуск служит для погрузки на первый конвейер 5, а другой выпуск служит для погрузки на второй конвейер 6. Согласно другому варианту осуществления каждый накопительный бункер 7 может быть соединен с одной парой питателей, причем каждый из вышеупомянутых питателей относится к одному конвейеру 5, 6. В качестве альтернативы, соответствующее число топливных бункеров и топливных питателей может быть обеспечено для каждого конвейера 5, 6, причем выпуски таких бункеров и питателей открываются исключительно на данный конвейер 5, 6.

Впуски 25, 26 для вторичного воздуха и для газа-носителя, соответственно, причем цель последнего газа представляет собой увеличение импульса топливной смеси, подаваемой в тепловой котел 1 с псевдоожигенным слоем, присоединены к вторичному вентилятору 44 для холодного или ненагретого вторичного воздуха в камеру сгорания. Благодаря вышеупомянутому расположению температуру на впуске для подачи топлива в камеру сгорания теплового котла 1 с псевдоожигенным слоем можно регулировать посредством регулирования количества вторичного воздуха (предпочтительно холодного воздуха) через впуски для подачи топлива и нагретого вторичного воздуха, а также посредством регулирования температуры внутри камеры сгорания, причем последнее регулирование осуществляют посредством вторичного газа, подаваемого через впуски 19. Согласно другому преимущественному варианту осуществления рециркуляционные топочные газы можно вводить во впуски 25 или 26, чтобы уменьшать содержание кислорода в областях подачи топлива, и/или теплые или холодные рециркуляционные топочные газы можно вводить через выпуск 19, чтобы регулировать температуру топочных газов в камере сгорания теплового котла 1 с псевдоожигенным слоем.

Впуски 25, 36 для подачи вторичного воздуха могут отсутствовать в соответствии с типом теплового котла 1 с псевдоожигенным слоем и/или с типами используемого топлива и/или с типом желоба 3, 4. В качестве альтернативы, может отсутствовать только один из вышеупомянутых впусков, или, напротив, число вышеупомянутых впусков может быть увеличено.

Аналогичным образом, впуски 19 для подачи вторичного воздуха или рециркуляционных топочных газов могут отсутствовать в соответствии с типом теплового котла 1 с псевдоожигенным слоем и/или с типами используемого топлива. В качестве альтернативы, может отсутствовать только один из вышеупомянутых впусков, или, напротив, число вышеупомянутых впусков может быть увеличено.

В ходе процесса сжигания согласно настоящему изобретению температуру псевдоожигенного слоя можно регулировать посредством регулирования соотношения количества воздуха и количества рециркуляционных топочных газов в псевдоожигающей среде, т.е. посредством регулирования количества кислорода, подаваемого в камеру сгорания. Одновременно на температуру псевдоожигенного слоя влияет количество тепла, выпускаемого через теплообменные поверхности.

Температуру в пространстве камеры сгорания над псевдоожигенным слоем можно регулировать посредством регулирования количества вторичного воздуха, подаваемого в вышеупомянутое пространство на различных уровнях, т.е. через индивидуальные впуски. В ходе процесса сжигания горючий газ, в частности CO, или смесь горючих газов, таких как CO, H<sub>2</sub>, метан и высшие углеводороды, будет выходить из псевдоожигенного слоя. После этого такие горючие газы будут гореть или будут сгорать, что зависит от количества присутствующего/подаваемого кислорода. Сжигание вышеупомянутых горючих газов газовых смесей над псевдоожигенным слоем будет влиять на температуру в данной области. Это означает, что желательная температура для определенного уровня камеры сгорания может быть достигнута посредством регулирования количества кислорода, т.е. вторичного воздуха, подаваемого на этом уровне. Применение определенных топливных смесей может заставлять часть топлива случайным образом вылетать и после этого сгорать над псевдоожигенным слоем вместо сгорания внутри последнего. В этом случае кислород должен быть подан через впуски для подачи вторичного воздуха. Однако такой способ сжигания нежелательно увеличивает температуру над псевдоожигенным слоем. Следовательно, температура должна быть уменьшена посредством добавления рециркуляционных топочных газов во вторичный газ. Вторичный газ может быть подан на индивидуальных уровнях камеры сгорания выше псевдоожигенного слоя (или по меньшей мере на одном уровне), причем вышеупомянутый вторичный газ присутствует в форме смеси вторичного воздуха и рециркуляционных топочных газов. В качестве альтернативы, вторичный воздух и рециркуляционные топочные газы могут быть поданы раздельно в пространство над псевдоожигенным слоем. В обоих случаях подаваемое количество можно регулировать в зависимости от требуемых значений температуры и предполагаемого расхода кислорода в пространстве над псевдоожигенным слоем.

Описанный выше способ регулирования температуры на различных уровнях камеры сгорания оказывается особенно преимущественным по той причине, что он позволяет сжигать различные топливные смеси в тепловом котле 1 с псевдоожиженным слоем и непрерывно переходить от одного типа смеси к другому без необходимости вывода котла из эксплуатации. Кроме того, температуры в камере сгорания и вдоль последующего пути потока топочных газов необходимо регулировать таким образом, чтобы исключить или, по меньшей мере, в значительной степени ингибировать вызываемую хлором и хлоридом коррозию. Это оказывается особенно важным в том случае, где сжигают топливо, имеющее существенное содержание хлора, такое как топливо, получаемое из разделенных муниципальных отходов и из сельскохозяйственной биомассы. Когда сжигают конкретные отходы, такие как разделенные муниципальные отходы или ил с водоочистой станции, температуру в камере сгорания необходимо поддерживать, в дополнение к приведенным выше требованиям, на уровне выше 850°C, причем задержка вывода топочных газов должна составлять по меньшей мере две секунды.

Для цели вышеупомянутого регулирования температуры может быть преимущественно использован регулируемый блок, причем вышеупомянутый регулирующийся блок должен быть выполнен с возможностью приема температурных данных от различных датчиков и регулирования клапанов и/или вентиляторов 43, 44, 45, 46, используемых для подачи воздуха и рециркуляционных топочных газов во впуски для подачи псевдоожижающей среды и/или во впуски для подачи вторичного газа/воздуха, и/или в желоба 3, 4, или обеспечения соответствующего регулирования вышеупомянутых клапанов и/или вентиляторов, и при этом вышеупомянутое регулирование должно быть основано на данных, полученных от вышеупомянутых датчиков, и в зависимости от обстоятельств, от поступающих данных в отношении подаваемой в текущий момент топливной смеси (последние данные включают, например, предполагаемое содержание хлора).

В отношении изменчивости состава топлива будет полезным выбор соответствующим образом увеличенных размеров впусков для псевдоожижающей среды и для вторичного газа. Такое же условие относится к соответствующим вентиляторам 43, 44, 45, 46, используемым для приспособления атмосферы внутри камеры сгорания теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем к составу топливной смеси, подаваемой в текущий момент.

Таким образом, в отношении изменчивости состава топлива также будет полезным выбор соответствующим образом увеличенных температурных показателей теплообменников 35, 37 в целях устранения воздействия вызываемой хлором и хлоридом коррозии на сопла решетки для текущей среды, что оказывается особенно важным в том случае, где используют топливо, содержащее органические или неорганические соединения хлора. В связи с этим особое значение приобретают требования увеличения тепловой эффективности парового цикла и соответствующие требования увеличения температуры питающей воды, используемой для тепловых котлов с псевдоожиженным слоем, причем обычная температура вышеупомянутой питающей воды составляет 105°C, и/или температура вышеупомянутой питающей воды предпочтительно составляет более чем 125°C, и/или более чем 145°C, и/или более чем 180°C, и/или более чем 195°C, и/или более чем 210°C, и/или более чем 230°C.

Оказывается также преимущественным, если теплообменники 34, 35, 36, 37 снабжены вентиляторными, имеющими соответствующим образом увеличенные размеры, которые принимают участие в регулировании температуры псевдоожижающей среды и в приспособлении атмосферы в камере сгорания теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем к составу топливной смеси, подаваемой в текущий момент.

Температура псевдоожижающей среды значительно влияет на степень коррозии, воздействующей на сопла решетки для текущей среды. Вследствие такой коррозии происходит образование клейких пятен и отложений разнообразных солей, в частности соединений К, Na и Са с хлором, причем вышеупомянутые отложения проявляют значительную тенденцию к распространению. Такие клейкие пятна постепенно растут, и в результате этого сопла оказываются полностью закупоренными. В ходе вышеупомянутого процесса клейкие пятна распространяются (разрастаются) и постепенно закупоривают отверстия сопел, делая их непригодными к эксплуатации. Выход из строя сопел (впусков 2) приводит к последующему выходу из строя решетки котла и, в свою очередь, самого теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем.

В течение исследований эксплуатации, осуществляемых заявителями, оказалось, что температура псевдоожижающей среды производит наиболее значительное воздействие на образование и развитие клейких пятен на соплах теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем, причем снижение температуры приводит к уменьшению образования клейких пятен, что позволяет увеличивать интервалы между соответствующими операциями по очистке.

Таким образом, оказывается желательным поддержание температуры псевдоожижающей среды на минимальном возможном уровне, составляющем менее чем 250°C, предпочтительно менее чем 220°C, предпочтительнее менее чем 200°C, еще предпочтительнее менее чем 180°C, еще предпочтительнее менее чем 160°C, еще предпочтительнее менее чем 140°C, еще предпочтительнее менее чем 120°C и наиболее предпочтительно менее чем 100°C. Преимущественно приемлемые значения температуры псевдоожижающей среды могут быть достигнуты посредством множества теплообменников 34, 35, 36, 37, как описано выше. В связи с этим оказывается преимущественным изготовлением теплообменника 36 для нагревания вторичного воздуха, максимально возможного размеров (а именно, размеров теплообменных

поверхностей и соответствующих выходных мощностей), в частности в такой степени, которая позволяет теплообменнику отводить большее количество тепла от топочных газов по сравнению с теплообменником 37 для нагревания первичного воздуха (добавляемого в псевдоожижающую среду) и с теплообменником 35 для нагревания первичных рециркуляционных топочных газов (добавляемых в псевдоожижающую среду).

Воздействие высокотемпературной и низкотемпературной коррозии, вызываемой хлором, может быть в значительной степени ослаблено (устранено) посредством добавления известняка в топливо, причем такое добавление вызывает реакцию хлора с известняком в псевдоожиженном слое и образование  $\text{CaCl}_2$ . Вызываемая хлором коррозия может быть превращена в вызываемую хлоридом коррозию, которая может быть успешно ингибирована посредством обеспечения заданных температур и процедур, как упомянуто выше.

На фотографии фиг. 2 представлен пример теплообменника без клейких пятен, т.е. без вызываемой хлоридом коррозии, который был подвергнут исследованию эксплуатации с регулируемыми уровнями температуры согласно настоящему изобретению. На фиг. 3А представлен аналогичный теплообменник, в котором отсутствует регулирование температуры подаваемых топочных газов и температуры топочных газов, выпускаемых из камеры сгорания, и который по этой причине страдает от нежелательного образования клейких пятен/вызываемой хлоридом коррозии. Образование клейких пятен приводит к одновременному значительному уменьшению эффективности теплопередачи и разрушению материала труб соответствующего теплообменника. Это означает, что коррозия происходит под клейкими пятнами, которые четко видно на фиг. 3В, где представлен теплообменник, в котором где клейкие пятна были удалены. Наконец, на фотографии фиг. 4 представлены сопла/впуски 2, в которые поступала псевдоожижающая среда, имеющая температуру, превышающую  $250^\circ\text{C}$ , или нерегулируемую температуру. Следовательно, сопла постепенно закупоривались клейким веществом.

Когда используют топливо, содержащее органические или неорганические соединения хлора, процесс сжигания и последующий выпуск топочных газов можно преимущественно регулировать способом, обеспечивающим, что температура в камере сгорания не превышает  $950^\circ\text{C}$ , предпочтительно  $930^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $900^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $870^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $850^\circ\text{C}$ , еще предпочтительнее  $800^\circ\text{C}$  и наиболее предпочтительно  $770^\circ\text{C}$ ; и одновременно, что температура топочных газов, подаваемых в перегреватели или в первые теплообменники, на которые воздействуют потоки соответствующих топочных газов, не превышает  $850^\circ\text{C}$ , предпочтительно  $800^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $780^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $750^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $720^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $700^\circ\text{C}$ , предпочтительнее  $680^\circ\text{C}$ , еще предпочтительнее  $650^\circ\text{C}$  и наиболее предпочтительно  $620^\circ\text{C}$ .

Теплообменники, в частности трубчатые теплообменники с перекрестным потоком, не страдают от образования клейких пятен или могут быть легко очищены от таких клейких пятен посредством форсунок, при том условии, что температура топочных газов, подаваемых в теплообменник, составляет предпочтительно менее чем  $800^\circ\text{C}$ , предпочтительнее менее чем  $720^\circ\text{C}$  и наиболее предпочтительно менее чем  $620^\circ\text{C}$ .

Настоящее изобретение оказывается преимущественно применимым особенно в тепловых котлах с псевдоожиженным слоем, где неподвижный псевдоожиженный слой имеет площадь в горизонтальной проекции, составляющую более чем  $5\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $10\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $15\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $20\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $30\text{ м}^2$ , и в тепловых котлах с псевдоожиженным слоем, где неподвижный псевдоожиженный слой имеет площадь в горизонтальной проекции, составляющую более чем  $10\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $15\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $20\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $30\text{ м}^2$ , предпочтительно более чем  $40\text{ м}^2$ .

Рассмотрим схематическую диаграмму, на которой представлена система теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем, где выпускаемая среда представляет собой пар, выпускаемый из второго перегревателя 29. Согласно варианту осуществления, который не проиллюстрирован, один из перегревателей 28, 29 может отсутствовать. Согласно другому варианту осуществления, который также не проиллюстрирован и в котором требуется присутствие горячей воды в выпуске, оба перегревателя 28, 29 могут отсутствовать, и воду можно проводить из нагревателя 30 в барабан 31, затем в теплообменник, состоящий из теплообменных стенок внутри камеры сгорания, и, наконец, обратно в барабан 31, в результате чего может быть обеспечен выпуск горячей воды из барабана 31. Согласно следующему варианту осуществления, который также не проиллюстрирован, и в котором требуется присутствие горячей воды в выпуске, перегреватели 28, 29 вместе с барабаном 31 могут отсутствовать, и вода может быть выпущена из нагревателя 30 в теплообменник, состоящий из теплообменных стенок внутри камеры сгорания, а затем в выпуск системы теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем.

Благодаря заявленной конструкции, которая описана выше, оказывается возможным одновременное питание теплового котла 1 с псевдоожиженным слоем топливом нескольких типов с различными характеристиками горения или различными химическими составами самого топлива или соответствующей золы, причем пропорциональное содержание топлива индивидуального типа в полном количестве топлива может непрерывно изменяться вместе с технологическими характеристиками, где вышеупомянутые характеристики включают, в частности, температуру и количество псевдоожижающей среды и, в зависимости от обстоятельств, могут представлять собой характеристики вторичного газа или вторичного воздуха.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система котла с псевдооживленным слоем, содержащая тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем, содержащий камеру сгорания; первый конвейер (5) для подачи первой топливной смеси в тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем и/или для загрузки топливной смеси в камеру сгорания;

первый топливный питатель (12) для подачи первого топлива и второй топливный питатель (13) для подачи второго топлива, которое отличается от первого топлива характеристиками горения или химическим составом,

причем первый выпуск первого питателя (12) и первый выпуск второго питателя (13) открываются на поверхность или внутрь первого конвейера (5) в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга,

отличающаяся тем, что как минимум одно из топлив выбрано из группы, состоящей из топлива, получаемого из разделенных муниципальных отходов, древесной стружки, гранул на древесной основе, скорлупы кокосовых орехов, гранул или брикетов сельскохозяйственной биомассы, топлива, получаемого из ила водоочистных станций, топлива, получаемого в результате переработки пищевых продуктов, кормовых растений и биомассы, топлива, получаемого из сельскохозяйственных отходов, топлива, получаемого из отходов производства масел или зерновых спиртов, в частности из кубовых остатков, или топлива, получаемого из лигнина, отрубей, соломенной сечки или сельскохозяйственного навоза,

причем система дополнительно содержит питающий канал для псевдооживляющей среды, причем вышеупомянутый питающий канал открывается в псевдооживляющие впуски (2) камеры сгорания теплового котла (1) с псевдооживленным слоем, и по меньшей мере один питающий канал (19) для вторичного воздуха или для вторичного газа; и

регулирующий блок, выполненный с возможностью регулирования подачи вторичного газа, который поступает в тепловой котел с псевдооживленным слоем (1) и содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов, выпускаемых из теплового котла с псевдооживленным слоем (1), таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего впуска вторичного газа составляет менее чем 980°C.

2. Система котла с псевдооживленным слоем по п.1, отличающаяся тем, что первый выпуск первого питателя (12) и первый выпуск второго питателя (13) открываются на поверхность или внутрь первого конвейера (5) в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга, чтобы обеспечивать возможность укладки топлива, подаваемого вторым питателем (13), на топливо, подаваемое первым питателем (12), и/или система дополнительно содержит первый топливный бункер (7), выпуск которого присоединен к впуску первого топливного питателя (12), и второй топливный бункер (8), выпуск которого присоединен к впуску второго топливного питателя (13).

3. Система котла с псевдооживленным слоем по п.1, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит накопительный резервуар (17) для  $\text{CaCO}_3$  и/или накопительный резервуар (18) для инертного материала псевдооживленного слоя, причем выпуски вышеупомянутых накопительных резервуаров (17, 18) открываются на поверхность или внутрь первого конвейера, находящийся на расстоянии от отверстий выпусков первого и/или второго питателей (12, 13).

4. Система котла с псевдооживленным слоем по п.1, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит второй конвейер (6) для загрузки топливной смеси в камеру сгорания в области, расположенной на определенном расстоянии от области, где загружают смесь, подаваемую первым конвейером (5), причем второй выпуск первого питателя (12) и второй выпуск второго питателя (13) открываются на поверхность или внутрь вышеупомянутого второго конвейера (6), и при этом вышеупомянутые выпуски расположены в непосредственной близости или на расстоянии друг от друга.

5. Система котла с псевдооживленным слоем по п.1, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит первый желоб (3), открывающийся в камеру сгорания теплового котла с псевдооживленным слоем, причем впуск вышеупомянутого первого желоба (3) присоединен к выпуску первого конвейера (5).

6. Система котла с псевдооживленным слоем по п.5, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит второй желоб (4), открывающийся в камеру сгорания теплового котла (1) с псевдооживленным слоем, причем впуск вышеупомянутого второго желоба (4) присоединен к выпуску второго конвейера (6), и при этом выпуски первого и второго желобов (3, 4) расположены на расстоянии друг от друга при рассмотрении в горизонтальной проекции.

7. Система котла с псевдооживленным слоем по п.6, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит первый питающий турникет (51) для загрузки топливной смеси, подаваемой первым конвейером (5), в первый желоб (3) и второй питающий турникет (41) для загрузки топливной смеси, подаваемой вторым конвейером (6), во второй желоб (4).

8. Система котла с псевдооживленным слоем по п.1, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит первое теплообменное устройство (27), имеющее впуск топочных газов, присоединенный к выпуску топочных газов теплового котла (1) с псевдооживленным слоем, и содержащее по меньшей мере один теплообменник для нагревания воды и/или для нагревания смеси пара и воды и/или для нагревания

пара посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем и проводимых по поверхности по меньшей мере одного вышеупомянутого теплообменника.

9. Система котла с псевдоожиженным слоем по пп.7 и 8, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит второе теплообменное устройство (32), имеющее выпуск топочных газов, присоединенный к выпуску топочных газов первого теплообменного устройства (27), причем вышеупомянутое второе теплообменное устройство (32) содержит

теплообменник (36) для нагревания вторичного воздуха, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника (36) может быть соединен по меньшей мере с одним каналом (19) для питания теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем вторичным воздухом; и/или

теплообменник (37) для нагревания первичного воздуха, причем выпуск вышеупомянутого теплообменника (37) может быть соединен с псевдоожижающими впусками (2),

и при этом теплообменник (36) для нагревания вторичного воздуха расположен, по отношению к направлению потока топочных газов через второе теплообменное устройство (32), выше по потоку относительно теплообменника (37) для нагревания первичного воздуха.

10. Система котла с псевдоожиженным слоем по п.9, отличающаяся тем, что система дополнительно содержит регулирующий блок, выполненный с возможностью на основании соотношения выходных мощностей теплообменников (36, 37), содержащихся во втором теплообменном устройстве (32), регулирования соотношения воздуха и рециркуляционных топочных газов в псевдоожижающей среде, подаваемой в псевдоожижающие впуски (2), таким образом, что температура псевдоожижающей среды, проводимой через псевдоожижающие впуски (2), составляет менее чем 250°C, предпочтительно менее чем 220°C, предпочтительнее менее чем 200°C, еще предпочтительнее менее чем 180°C, еще предпочтительнее менее чем 160°C, еще предпочтительнее менее чем 140°C, еще предпочтительнее менее чем 120°C и наиболее предпочтительно менее чем 100°C,

и/или таким образом, что температура топочных газов над псевдоожиженным слоем составляет менее чем 890°C, предпочтительно менее чем 850°C, предпочтительнее менее чем 800°C, еще предпочтительнее менее чем 780°C и наиболее предпочтительно менее чем 750°C,

и/или регулирующий блок выполнен с возможностью регулирования подачи вторичного газа, который поступает в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем и содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего впуска вторичного газа составляет менее чем 950°C, предпочтительнее менее чем 920°C, еще предпочтительнее менее чем 890°C, еще предпочтительнее менее чем 860°C и наиболее предпочтительно менее чем 800°C,

и/или таким образом, что температура топочных газов внутри первого теплообменного устройства (27) в области, где топочные газы проводят к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов, и/или к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов, и перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов, составляет менее чем 850°C, предпочтительно менее чем 830°C, предпочтительнее менее чем 780°C, еще предпочтительнее менее чем 750°C, еще предпочтительнее менее чем 700°C, еще предпочтительнее менее чем 680°C, еще предпочтительнее менее чем 650°C и наиболее предпочтительно менее чем 620°C.

11. Способ одновременного сжигания топлива по меньшей мере двух типов в тепловом котле (1) с псевдоожиженным слоем посредством системы котла с псевдоожиженным слоем по п.1, в котором псевдоожижающую среду вдувают снизу в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем, причем первое топливо подают первым питателем (12) на поверхность или внутрь первого конвейера (5) и транспортируют первым конвейером (5) в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем, а затем загружают в камеру сгорания теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, второе топливо подают вторым питателем на поверхность или внутрь первого конвейера (5), причем область для подачи первого топлива расположена рядом с областью для подачи второго топлива или на расстоянии от нее, и при этом второе топливо и первое топливо транспортируют первым конвейером (5) в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем, а затем загружают совместно в камеру сгорания теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, отличающийся тем, что как минимум одно из топлив выбрано из группы, состоящей из топлива, получаемого из разделенных муниципальных отходов, древесной стружки, гранул на древесной основе, скорлупы кокосовых орехов, гранул или брикетов сельскохозяйственной биомассы, топлива, получаемого из ила водоочистных станций, топлива, получаемого в результате переработки пищевых продуктов, кормовых растений и биомассы, топлива, получаемого из сельскохозяйственных отходов, топлива, получаемого из отходов производства масел или зерновых спиртов, в частности из кубовых остатков, или топлива, получаемого из лигнина, отрубей, соломенной сечки или сельскохозяйственного навоза, причем регулирующий блок регулирует подачу вторичного газа, который поступает в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем и содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего впуска вто-

ричного газа составляет менее чем 980°C.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что другое топливо выбрано из группы, которую составляет топливо, получаемое из разделенных муниципальных отходов, предпочтительно топливо, имеющее гранулированную форму, бурый уголь, каменный уголь, нефтяной кокс, древесные стружки, гранулы на древесной основе, скорлупа кокосовых орехов, гранулы или брикеты сельскохозяйственной биомассы, топливо, получаемое из ила водоочистных станций, топливо, получаемое в результате обработки пищевых продуктов, кормовых растений и биомассы, топливо, получаемое из сельскохозяйственных отходов, топливо, получаемое из отходов производства масел или зерновых спиртов, в частности, из кубовых остатков, или топливо, получаемое из лигнина, отрубей, соломенной сечки или сельскохозяйственного навоза.

13. Способ по п.11, отличающийся тем, что псевдоожижающую среду вдувают в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем через соответствующие впуски (2) и вторичный газ вдувают в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем по меньшей мере на одном уровне высоты выше уровня впусков (2) для псевдоожижающей среды, предпочтительно по меньшей мере на двух различных уровнях высоты, предпочтительнее по меньшей мере на двух различных уровнях высоты.

14. Способ по п.11, отличающийся тем, что топочные газы, выпускаемые из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, проводят в первое теплообменное устройство (27), содержащее по меньшей мере один теплообменник для нагревания воды и/или для нагревания смеси пара и воды и/или для нагревания пара посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, после чего вышеупомянутые топочные газы проводят во второе теплообменное устройство (32), в котором топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного теплообменника (36) для нагревания вторичного воздуха, а затем по поверхности по меньшей мере одного теплообменника (37) для нагревания первичного воздуха, причем воздух, нагретый в теплообменнике (37) для нагревания первичного воздуха, подают в псевдоожижающие впуски (2) теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, и воздух, нагретый в теплообменнике (36) для нагревания вторичного воздуха, подают в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем по меньшей мере на одном уровне для подачи вторичного газа в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что температура псевдоожижающей среды, подаваемой через псевдоожижающие впуски (2), регулируют таким образом, что она составляет менее чем 250°C, предпочтительно менее чем 220°C, предпочтительнее менее чем 200°C, еще предпочтительнее менее чем 180°C, еще предпочтительнее менее чем 160°C, еще предпочтительнее менее чем 140°C, еще предпочтительнее менее чем 120°C и наиболее предпочтительно менее чем 100°C,

и/или тем, что температура топочных газов над псевдоожиженным слоем составляет менее чем 890°C, предпочтительно менее чем 850°C, предпочтительнее менее чем 800°C, еще предпочтительнее менее чем 780°C и наиболее предпочтительно менее чем 750°C,

и/или подачу вторичного газа, который поступает в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем и содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, регулируют таким образом, что температура топочных газов ниже по потоку относительно первого и/или каждого возможного последующего выпуска вторичного газа составляет менее чем 950°C, предпочтительнее менее чем 920°C, еще предпочтительнее менее чем 890°C, еще предпочтительнее менее чем 860°C и наиболее предпочтительно менее чем 800°C,

и/или подачу вторичного газа регулируют таким образом, что температура топочных газов внутри первого теплообменного устройства (27) в области, где топочные газы проводят к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и/или к поверхностям теплообменника, расположенного в непосредственной близости к впуску топочных газов и перпендикулярно по отношению к направлению потока топочных газов, составляет менее чем 850°C, предпочтительно менее чем 830°C, предпочтительнее менее чем 780°C, еще предпочтительнее менее чем 750°C, еще предпочтительнее менее чем 700°C, еще предпочтительнее менее чем 680°C, еще предпочтительнее менее чем 650°C и наиболее предпочтительно менее чем 620°C.

16. Способ по п.11, отличающийся тем, что псевдоожижающая среда содержит первичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, причем воздух, содержащийся в вышеупомянутой смеси, предварительно нагревают в теплообменнике (37) для предварительного нагревания воздуха посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, перед введением в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем, и/или рециркуляционные топочные газы, содержащиеся в вышеупомянутой смеси, нагревают в теплообменнике для нагревания рециркуляционных топочных газов посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, перед введением в тепловой котел с псевдоожиженным слоем и/или вторичный газ содержит вторичный воздух или смесь воздуха и рециркуляционных топочных газов из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, причем воздух, содержащийся в вышеупомянутой смеси, предварительно нагревают в теплообменнике (36) для предварительного нагревания воздуха посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдоожиженным слоем, перед введением в тепловой котел (1) с псевдоожиженным слоем, и/или рециркуляцион-

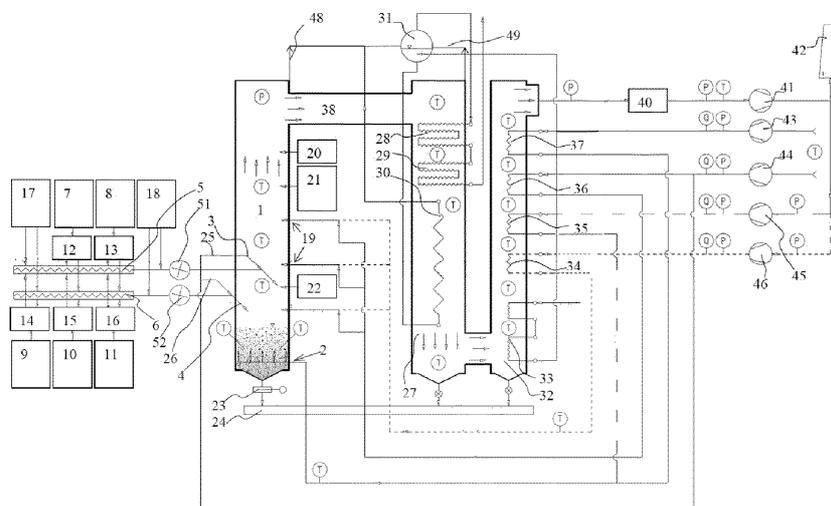
ные топочные газы, содержащиеся в вышеупомянутой смеси, нагревают в теплообменнике (34) для нагревания рециркуляционных топочных газов посредством топочных газов, выпускаемых из теплового котла (1) с псевдооживленным слоем, перед введением в тепловой котел с псевдооживленным слоем.

17. Способ по п.11, отличающийся тем, что топочные газы, выпускаемые из теплового котла (1) с псевдооживленным слоем, проводят в первое теплообменное устройство (27), где вышеупомянутые топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного перегревателя (28, 29), имеющего форму теплообменника для получения перегретого пара, а затем по поверхности по меньшей мере одного нагревателя (30), имеющего форму теплообменника для нагревания воды и/или смеси пара и воды, подаваемой в барабан (31) для питания перегревателя (28, 29) паром, после чего топочные газы проводят во второе теплообменное устройство (32), где вышеупомянутые топочные газы протекают по меньшей мере через один теплообменник (36, 37) для нагревания воздуха, после чего топочные газы проводят через фильтр (40), а затем часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдооживляющей среды в тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем и/или по меньшей мере в один теплообменник (35) для нагревания рециркуляционных топочных газов, из которого вышеупомянутую часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдооживляющей среды в тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник (37) для нагревания воздуха, или

вышеупомянутые топочные газы протекают по поверхности по меньшей мере одного теплообменника для получения пара, а затем по поверхности по меньшей мере одного нагревателя (30), имеющего форму теплообменника для нагревания воды и/или смеси пара и воды, подаваемой в барабан (31), после чего топочные газы проводят во второе теплообменное устройство (32), где вышеупомянутые топочные газы протекают по меньшей мере через один теплообменник (36, 37) для нагревания воздуха, после чего топочные газы проводят через фильтр (40), а затем часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдооживляющей среды в тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем и/или по меньшей мере в один теплообменник (35) для нагревания рециркуляционных топочных газов, из которого вышеупомянутую часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдооживляющей среды в тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник (37) для нагревания воздуха, или

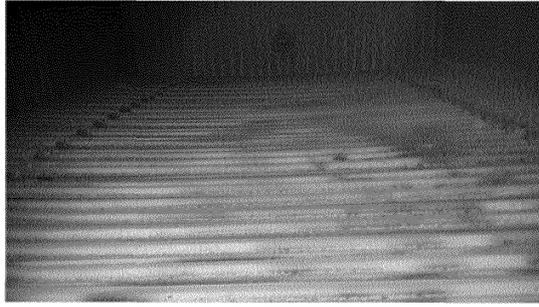
топочные газы, выпускаемые из теплового котла (1) с псевдооживленным слоем, проводят по поверхности по меньшей мере одного теплообменника для получения теплой воды, после чего топочные газы проводят во второе теплообменное устройство (32), где вышеупомянутые топочные газы протекают по меньшей мере через один теплообменник для нагревания рециркуляционных топочных газов и по меньшей мере через один теплообменник (36, 37) для нагревания воздуха, после чего топочные газы проводят через фильтр (40), а затем часть топочных газов проводят в трубопровод для подачи псевдооживляющей среды в тепловой котел (1) с псевдооживленным слоем, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник (37) для нагревания воздуха.

18. Способ по п.17, отличающийся тем, что вторичный воздух вводят в трубопровод для питания камеры сгорания вторичным газом, причем вышеупомянутый трубопровод снабжен впуском, в который воздух подают после пропускания через вышеупомянутый теплообменник (36) для нагревания воздуха или топочного газа, который прошел через фильтр (40), и его проводят по меньшей мере в один теплообменник (34, 35) для нагревания рециркуляционных топочных газов.

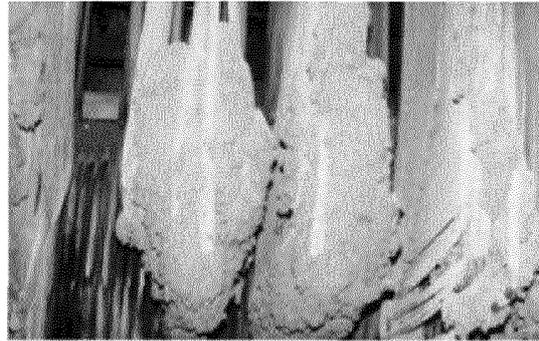


Фиг. 1

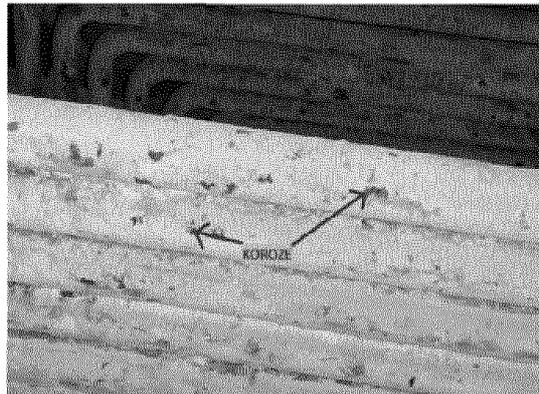
038810



Фиг. 2



Фиг. 3А



Фиг. 3В



Фиг. 4