



УКРАЇНА

(19)

(11)

£\*t

(13)

(51) 6 F23C5/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І  
НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ РОБОТИ ТОПКИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ПИЛОПОДІБНОМУ ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

(21) 95028139

(22) 17.03.1994

(24) 16.10.2000

(31) 08Y062.634

(32) 13.05.1993

(33) US

(46) 16.10.2000, Бюл. №5, 2000р

<72) Ріні Майк Дж., US, Еллевелл Тодд Д., US,  
Таул Дейвц П., US, Дженнінгс Петрік Л., US, Ляф-  
леш Ричард С, US, Ендерсен Дейвід К., US

(73) АББ Елстом Пауе, Інк., US

(86) PCT/US94/02827, 17.03.1994

(56) Патент США №195450, 1993.

(57) 1. Способ работы топki, работающей на пылевидном твердом топливе, с множеством стенок, образующих в ней область горелок, содержащую множество зон сжигания с различными стехиометриями, включающий стадии обеспечения подачи пылевидного твердого топлива предварительно определенной мелкости, вдувания пылевидного твердого топлива предварительно определенной мелкости в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, **отличающийся** тем, что вдувание ведут через наконечники форсунок для пылевидного твердого топлива у факельного устройства, для которых место воспламенения введенного пылевидного твердого топлива находится не дальше, чем в двух футах (309,16 мм) от наконечников форсунок для пылевидного твердого топлива у факельного устройства, вдувают достаточное количество воздуха, поддерживающего сжигание, в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, таким образом, что стехиометрия в первой зоне сжигания области горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, находится между 0,5 и 0,7, вдувают достаточное количество связанного острого дутья в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, так, что стехиометрия во второй зоне сжигания области горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, находится между 0,7 и 0,9, вдувают достаточное количество разделенного острого дутья нижнего уровня в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, так, что стехиометрия в третьей зоне сжигания области горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, находится между 0,9 и 1,02, и вдувают достаточное количество разделенного острого дутья верхнего уровня в об-

ласть горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, так, что стехиометрия в четвертой зоне сжигания области горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, превышает 1,07

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что место вдувания разделенного острого дутья верхнего уровня в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, отстоит на достаточном расстоянии от места вдувания тесно связанного острого дутья в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, чтобы время, которое занимает перемещение газов, образованных сжиганием введенного пылевидного твердого топлива, между ними превышало 0,3 с.

3. Способ по п.1, **отличающийся** тем, что пылевидное твердое топливо, введенное в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, имеет мелкость предельно минимальную при прохождении через сито номер 50, 1,5% при прохождении через сито номер 100 и больше 85% при прохождении через сито номер 200.

4. Способ по п.1, **отличающийся** тем, что часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдуваемого в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, вдувается в качестве торцевого воздуха.

5. Способ по п.4, **отличающийся** тем, что часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдувается в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, в качестве прямого воздуха.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдуваемого в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, вдувается в качестве воздуха горизонтального смещения, так, что для вводимого пылевидного твердого топлива на ранних стадиях его сжигания имеется меньше воздуха, поддерживающего сжигание.

7. Способ по п.1, **отличающийся** тем, что пылевидное твердое топливо, вводимое в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, и воздух, поддерживающий сжигание, который вдувается в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, вводят каждый под углом к диагонали, проходящей через центр топki, работающей на пылевидном топливе, так, чтобы тем самым производить в топке, работающей на пылевидном твердом топливе,

CM CM

\*~

&lt;

вихревое число больше 0,6. 8. Способ по п.1, **отличающийся** тем, что, по меньшей мере, часть пылевидного твердого топлива, вводимого в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, вводится туда направленной вверх.

9 Способ по п.1, **отличающийся** тем, что, по меньшей мере, часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдуваемого в область горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, вдувается туда направленным вниз.

Настоящее изобретение относится к способам работы топki на пылевидном твердом топливе с использованием интегрированной тангенциальной системы сжигания с низкими уровнями выхода  $\text{NO}_x$ , которая применима к широкому диапазону твердых топлив и которая при использовании в таких топках способна ограничивать выход  $\text{NO}_x/\text{O}_2$  уровней, согласующихся с альтернативными технологиями выработки электроэнергии, основанными на сжигании твердого топлива.

В течение многих лет создавались многочисленные модификации *стандартного способа тангенциального сжигания*.

Результатом такой модификации является система сжигания, составляющая предмет патента США 5195450 от 23 марта 1993 года, права по которому переданы правопреемнику по настоящей патентной заявке. В этом патенте описана усовершенствованная система острого дутья для регулирования выхода  $\text{NO}_x$ , которая спроектирована для использования в системе сжигания типа, который особенно пригоден для использования в топках сжигания природного топлива. Известная система реализует способ работы топki, работающей на пылевидном твердом топливе, с множеством стенок, образующих в ней область горелок, содержащую множество зон сжигания с различными стехиометриями, включающий стадии обеспечения подачи пылевидного твердого топлива предварительно определенной мелкости, вдувания пылевидного твердого топлива предварительно определенной мелкости в область горелки топki, работающей на пылевидном твердом топливе. Усовершенствованная система острого дутья для регулирования выхода  $\text{NO}_x$  содержит много высотных уровней отделений для острого дутья, состоящих из множества тесно связанных отделений для острого дутья и множества отдельных отделений для острого дутья. Тесно связанные отделения для острого дутья поддерживаются на первом уровне высоты в топке, а отдельные отделения для острого дутья поддерживаются на втором уровне высоты в топке так, что они отстоят от тесно связанных отделений для острого дутья, но выровнены с ними. Острое дутье подается и к тесно связанным отделениям для острого дутья, и к отдельным отделениям для *острого* дутья, так, что между ними имеется предварительное определенное, наиболее благоприятное распределение острого дутья, такое, что острое дутье, выходящее из отдельных отделений острого дутья, устанавливает горизонтальное "распылительное" или "веерное" распределение острого дутья по проектной площади топki, и так, что острое дутье выходит из отдельных отделений для острого дутья со скоростями, значительно более высокими, чем скорости, используемые до этого.

Патент США 5195450 можно рассматривать как наиболее близкий аналог изобретения.

На протяжении 1990-х годов играли и, ожидается, что в двадцать первом столетии будут играть важную роль в выработке электроэнергии по всему миру крупные центральные электростанции на пылевидном твердом топливе. Эти станции будут проектироваться на максимальный КПД цикла, многотопливную гибкость, цикличность, максимальную доступность, наименьшие капитальные затраты, минимальные эксплуатационные расходы и наименьшие возможные уровни выхода загрязняющих веществ, которые соответствуют федеральным нормам, нормам штата и местным нормам или превосходят их. Исторически тангенциальное сжигание продемонстрировало свойственный ему низкий уровень образования  $\text{NO}_x$  для крупных топков, работающих на пылевидном твердом топливе. Более низкие уровни выхода  $\text{NO}_x$  являются результатом ступенчатого изменения, которое происходит при физическом разделении пылевидного твердого топлива и воздушных потоков, истекающих из угловых воздушных коробок Факелы, создаваемые на каждой форсунке для пылевидного топлива, стабилизируются посредством процессов глобального тепло- и массопереноса. Одиночная вращающаяся оболочка пламени ("огненный шар"), расположенная в центре топki, обеспечивает постепенное, но полное и равномерное смешивание пылевидного твердого топлива и воздуха во всей толке. Этот тангенциальный процесс сжигания был выгоден при разработке усовершенствованных воздушных систем со ступенчатым изменением для регулировки выхода  $\text{NO}_x$  сгорания. В отличие от этого, топki с горелками на стенках используют группы отдельно самостабилизирующихся горелок, в которых не используются глобальные формы течения в топке для достижения равномерного смешивания пылевидного твердого топлива и воздуха. В результате устройства с горелками на стенках, даже при использовании разделенного острого дутья, обычно создают локальные зоны высокой температуры и концентраций  $\text{O}_2$ , которые вызывают образование  $\text{NO}_x$ .

Таким образом, хотя системы сжигания, сконструированные в соответствии с указанными тремя выданными патентами США, на которые ранее была сделана ссылка, показали, что они являются рабочими для целей, для которых они были спроектированы, тем не менее, имелись свидетельства потребности в улучшении таких систем сжигания. А именно, техника предшествующего уровня требовала новой и улучшенной тангенциальной системы сжигания, которая давала бы возможность регулирования уровней выхода  $\text{NO}_x$  из топков, работающих на пылевидном твердом топливе, до уровней, которые согласуются с альтернативными технологиями выработки электроэнергии на основе пылевидного твердого топлива, как циркуляционный псевдоожиженный слой (ЦПС) и интегрированный объединенный цикл газификации

(ИОЦГ), без использования либо избирательного каталитического восстановления (ИКВ), либо избирательного некаталитического восстановления (ИНКВ). В конечном счете, из предшествующего уровня техники следует, что существует потребность в новой и улучшенной тангенциальной системе сжигания, которая давала бы возможность ограничивать уровни выхода  $\text{NO}_x$  из топков, работающих на пылевидном твердом топливе, до менее 0,15 фунтов/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц (6,45 \* 10<sup>3</sup> кг/кДж), при одновременном ограничении углерода в летучей золе до менее 5% и уровня выхода СО до менее 50 частей на миллион. Кроме того, такие уровни выхода загрязняющих веществ должны быть достижимы, когда сжигается широкий диапазон твердых топлив, от жирного битуминозного угля до лигнита а работающей на пылевидном твердом топливе топке, которая оборудована такой новой и улучшенной тангенциальной системой сжигания. Наконец, для обеспечения такой новой и улучшенной тангенциальной системы сжигания необходимо сосредоточить внимание на всей системе сжигания пылевидного твердого топлива, включая порошок, первичный воздушный поток, узлы впрыскивания топлива и многочисленные уровни вдувания воздуха (вспомогательный воздух, тесно связанное острое дутье и разделенное острое дутье). Для этого такую новую и улучшенную тангенциальную систему сжигания можно рассматривать как состоящую из следующих четырех главных элементов: измельчение в порошок и сортировка твердого топлива, впрыскивание и сжигание пылевидного твердого топлива вблизи наконечника форсунки пылевидного твердого топлива, нижнее топочное сжигание и верхнее топочное сжигание (между главной воздушной коробкой и топочным сводом). Кроме того, такая новая и улучшенная тангенциальная система сжигания должна основываться на оптимизации в ней этих четырех вышеперечисленных отдельных элементов.

На основании вышесказанного, необходимо отметить, что в решениях предшествующего уровня техники имелась потребность в новой и улучшенной системе сжигания, которая при использовании в топке, работающей на пылевидном топливе, могла соответствовать уровням выхода  $\text{NO}_x$  от 0,10 до 0,15 фунтов/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц на битуминозных углях восточных Соединенных Штатов Америки и обеспечивать сжигание пылевидного твердого топлива в топке, работающей на пылевидном твердом топливе, конкурентоспособно в отношении уровней выхода загрязнений с другими новыми вариантами технологии сжигания твердого топлива, как топки с псевдооживленным слоем и с интегрированным объемным циклом газификации (ИОЦГ). Кроме того, при такой новой и улучшенной тангенциальной системе сжигания цель в отношении выхода  $\text{NO}_x$  должна быть достигнута только посредством способа сжигания при поддержании содержания углерода в летучей золе на уровне менее 5% и выхода СО на уровне менее 50 частей на миллион. Иными словами, такая новая и улучшенная тангенциальная система сжигания должна быть способна обеспечивать минимальные общие уровни загрязнений, которые будут достигаться с ее ис-

пользованием. В этом отношении все способы, используемые для уменьшения образования  $\text{NO}_x$ , как субстехиометрическое сжигание первичной зоны, ступенчатое изменение смешивания пылевидного твердого топлива и воздуха, уменьшение дополнительного воздуха и более низкие уровни выхода теплоты, нацелены на регулирование имеющегося кислорода, скорости сжигания и уменьшение пиковых температур пламени. Однако, так как эти условия могут увеличивать потенциал СО, углеводородов и повышенный выход несгоревшего углерода, необходимо, чтобы в такой новой и улучшенной тангенциальной системе сжигания достигался баланс между этими противоположными факторами. А именно, необходимо, чтобы такая новая и улучшенная тангенциальная система сжигания содержала, интегрированную тангенциальную систему сжигания, в которой порошок более мелкого твердого топлива объединено с известными узлами подвода пылевидного твердого топлива и внутритопочным использованием для ступенчатого изменения для воздуха многих уровней вдувания воздуха. Именно интегрирование этих признаков отличает такую новую и улучшенную интегрированную тангенциальную систему сжигания от видов системы сжигания предшествующего уровня техники.

Потребность в образовании более мелкого порошка твердого топлива основывается на потребности минимизировать горючие потери (несгоревший углерод), вызванные ступенчато меняющимся процессом сжигания для регулирования выхода  $\text{NO}_x$ . Более мелкое пылевидное твердое топливо может приводить к близкому воспламенению на выходе наконечников форсунок для пылевидного твердого топлива, увеличивая выход топливного азота и его последующего превращения в  $\text{N}_2$  при условиях ступенчатого изменения. Дополнительные преимущества включают в себя меньшее количество крупных частиц (сито с ячейками номера > 100), ударяющих в топочные экраны работающей на пылевидном твердом топливе топки, и улучшенную стабильность воспламенения при низкой нагрузке.

Потребность в усовершенствованных узлах подвода пылевидного твердого топлива объясняется необходимостью обеспечения того, чтобы точка воспламенения пылевидного твердого топлива находилась ближе к наконечнику форсунки, чем у наконечников общепринятых форсунок для пылевидного твердого топлива. Быстрое воспламенение пылевидного твердого топлива обеспечивает устойчивое пламя летучих веществ и минимизирует образование  $\text{NO}_x$  в потоке, богатом твердым топливом. Кроме того, в усовершенствованных узлах подвода пылевидного твердого топлива должна также существовать возможность горизонтального смещения некоторой части вторичного воздушного потока воздушной коробки для того, чтобы тем самым уменьшить количество воздуха для потока пылевидного твердого топлива во время ранних стадий сжигания. Такое горизонтальное смещение некоторой части вторичного воздушного потока воздушной коробки создает также окислительную среду вблизи топочных экранов работающей на пылевидном твердом топливе топки в зоне сжигания и выше нее. Это

уменьшает количество и силу сцепления осажде-ния золы и приводит также к меньшему использо-ванию сажеобдувочного аппарата для стенок и к повышенному поглощению тепла нижней топки. Повышенные уровни Ог вдоль топочных экранов работающей на пылевидном твердом топливе топки также уменьшают возможность коррозии, особенно когда сжигаются угли с высокими кон-центрациями серы, железа или щелочных метал-лов (K, Na). Коррозию из-за сульфидирования или другого механизма (других механизмов) можно в большой степени регулировать на практике путем минимизации возможности прямого топливного удара по топочным экранам топки. Для этого используют природоохранные параметры выде-ления теплоты и геометрии топки, работающей на пылевидном твердом топливе, а также более ка-чественное регулирование мелкости пылевидного твердого топлива.

Потребность во внутритопочном ступенчатом изменении для воздуха с использованием многих уровней вдувания воздуха основывается на необ-ходимости выпуска части вторичного воздуха че-рез воздушные отделения в верхней части глав-ной воздушной коробки для улучшения выжигания углерода без увеличения производства NOx. Кро-ме того, при анутритопочном ступенчатом измене-нии для воздуха с использованием многих уров-ней вдувания воздуха должна также существовать возможность управлять стехиометрией зоны сжи-гания с помощью многоступенчатого разделенно-го острого дутья. Для создания оптимальной сте-хиометрической временной картины для регули-рования выхода NOx для данного пылевидного твердого топлива между верхом главной воздуш-ной коробки и плоскостью выпускного отверстия работающей на пылевидном твердом топливе топки в ее углах встраиваются два или большее число отдельных уровней острого дутья. Отде-ления с многоступенчатыми изменениями разделен-ного острого дутья имеют регулируемый поворот вокруг вертикальной оси и накопленное располо-жение, которое позволяет настраивать процесс смешивания воздуха сжигания и топочного газа работающей на пылевидном твердом топливе топки для максимального контроля выхода горю-чих веществ, как углерод, CO, общие углеводоро-ды (ОУ) и поли циклические ароматические соеди-нения (ПАС).

Задача настоящего изобретения состоит в дальнейшем снижении выхода NOx из топок, ра-ботающих на пылевидном твердом топливе при одновременном ограничении углерода в летучей зоне до значений менее 5% и уровней выхода CO до значений менее 50 частей на миллион при сжи-гании в такой топке твердых топлив широкого диапазона, от жирных битуминозных углей до лиг-нита.

Поставленная задача решается тем, что в способе работы топки, работающей на пыле-видном твердом топливе с множеством стенок, образующих в ней область горелок, содержащую множество зон сжигания с различными стехио-метриями, включающем стадии обеспечения по-дачи пылевидного твердого топлива предвари-тельно определенной мелкости, вдувания пыле-видного твердого топлива предварительно опре-

деленной мелкости в область горелок топки, рабо-тающей на пылевидном твердом топливе, соглас-но изобретению, вдувание ведется через наконеч-ники форсунок для пылевидного твердого топлива у факельного устройства, для которых место вос-пламенения введенного пылевидного твердого топлива находится менее чем в двух футах (309,16 мм) от наконечников форсунок для пыле-видного твердого топлива у факельного устройст-ва, вдувается достаточное количество воздуха, поддерживающего сжигание, в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топ-ливе, таким образом, что стехиометрия в первой зоне сжигания области горелок топки, работаю-щей на пылевидном твердом топливе, находится между 0,5 и 0,7, вдувается достаточное количест-во тесно связанного острого дутья в область горе-лок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, так, что стехиометрия во второй зоне сжигания области горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, находится между 0,7 и 0,9, вдувается достаточное количество раз-деленного острого дутья нижнего уровня в об-ласть горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, так, что стехиометрия в третьей зоне сжигания области горелок топки, работаю-щей на пылевидном твердом топливе, находится между 0,9 и 1,02, и вдувается достаточное коли-чество разделенного острого дутья верхнего уровня в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, так, что стехиомет-рия в четвертой зоне сжигания области горелок топки, работающей на пылевидном твердом топ-ливе, превышает 1,07.

Предпочтительно место вдувания разделен-ного острого дутья верхнего уровня в область го-релок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, должно отстоять на достаточном рас-стоянии от места введения тесно связанного ост-рого дутья в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, чтобы время, которое занимает перемещение газов, образовав-шихся от сжигания введенного пылевидного твердого топлива, между ними превышало 0,3 секунды.

Предпочтительно также, чтобы пылевидное твердое топливо, впрыснутое в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топ-ливе, имело мелкость предельно минимальную при прохождении через сито номер 50, 1,5% при прохождении через сито номер 100 и больше 85% при прохождении через сито номер 200.

Необходимо часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдуваемое в область горелок топки, ра-ботающей на пылевидном твердом топливе, вду-вать в качестве торцевого топлива.

Предпочтительно часть воздуха, поддержи-вающего сжигание, вдувать в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топ-ливе, в качестве прямого воздуха.

Желательно часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдуваемого в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, вдувать в качестве воздуха горизонтального сме-щения так, что для вводимого пылевидного твер-дого топлива на ранних стадиях его сжигания имелось меньше воздуха, поддерживающего сжи-гание.

Предпочтительным в способе является также то, что пылевидное твердое топливо, вводимое в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, и воздух, поддерживающий сжигание, который едут в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, должно вводиться каждый под углом к диагонали, проходящей через центр топки, работающей на пылевидном твердом топливе, так, чтобы тем самым производить в топке, работающей на пылевидном твердом топливе, вихревое число больше 0,6

Предпочтительно, по меньшей мере, часть пылевидного твердого топлива вводимого в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, вводить туда направленным вверх.

Предпочтительно, по меньшей мере, часть воздуха, поддерживающего сжигание, вдуваемого в область горелок топки, работающей на пылевидном твердом топливе, вводить туда направленным вниз.

Способ работы топки, работающей на пылевидном твердом топливе, предполагает использование интегрированной тангенциальной системы сжигания с низким выходом NOx. Указанная интегрированная тангенциальная система сжигания с низким выходом NOx содержит устройство подачи пылевидного твердого топлива, наконечник форсунки для пылевидного твердого топлива факельного устройства, концентрические форсунки сжигания, тесно связанное острое дутье и разделенное острое дутье с многоступенчатыми изменениями. Устройство подачи пылевидного твердого топлива спроектировано для пылевидного твердого топлива, имеющего мелкость предельно минимальную на сите номер 50, 1,5% на сите номер 100 и больше 85% проходит через сито номер 200. Считается, что сито номер 50, сито номер 100 и сито номер 200 имеют такие размеры ячеек, чтобы обеспечивать *прохождение* через них частиц с размером приблизительно 300 микрон, 150 микрон и 74 микрона соответственно. Главное преимущество от использования пылевидного твердого топлива с таким уровнем мелкости состоит в способности этой системы минимизировать горючие потери (несгоревший углерод), вызванные имеющим ступенчатые изменения процессом сжигания для регулирования выхода NOx, который использует рассматриваемая интегрированная тангенциальная система сжигания с низким выходом NOx. Наконечники форсунок для пылевидного твердого топлива факельного устройства спроектированы с возможностью осуществления впрыска через них пылевидного твердого топлива, подаваемого туда устройством подачи пылевидного твердого топлива, таким образом, что место воспламенения пылевидного твердого топлива находится к наконечникам форсунок ближе, чем у известных наконечников форсунок для пылевидного твердого топлива. Концентрические форсунки сжигания спроектированы с возможностью работы для горизонтального смещения некоторого вторичного воздушного потока, благодаря чему на ранних стадиях сжигания имеется меньше воздуха для потока пылевидного твердого топлива, и так, что сжигание пылевидного твердого топ-

лива происходит на стехиометрических уровнях меньше 0,85 и ниже, даже при 0,4, но предпочтительно - в диапазоне между 0,5 и 0,7. Тесно связанное острое дутье, которое вдувается в работающую на пылевидном твердом топливе топку через воздушные отделения, находящиеся в верхней части главной воздушной коробки, предназначено для улучшения выжигания углерода без увеличения образования NOx. Подвергающееся многоступенчатым изменениям разделенное острое дутье вдувается в топку через воздушные отделения на двух или большем числе отдельных уровней, которые находятся между верхом главной воздушной коробки и плоскостью выпускного отверстия топки, так, что время, которое занимает прохождение газа, образовавшегося от сжигания пылевидного твердого топлива, от верха главной воздушной коробки до верха последнего уровня разделенного острого дутья, то есть, время пребывания, превышает 0,3 секунды.

Ниже изобретение описано на примере его выполнения со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых на:

Фиг. 1 - схематическое изображение в вертикальном сечении топки, работающей на пылевидном твердом топливе, представляющей собой интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx.

Фиг.2 - схематическое изображение в вертикальном сечении интегрированной тангенциальной системы сжигания с низким выходом NOx, которая особенно пригодна для использования в топке, работающей на пылевидном твердом топливе.

Фиг.3 - боковая вертикальная проекция форсунки для пылевидного твердого топлива с изображением наконечника факельного устройства, который используется в интегрированной тангенциальной системе сжигания с низким выходом NOx.

Фиг. 4 - вид с торца форсунки для пылевидного твердого топлива с изображением наконечника факельного устройства по фиг.3, который используется в интегрированной тангенциальной системе сжигания с низким выходом NOx.

Фиг.3 - горизонтальная проекция окружности сжигания, изображающая принцип работы сжигания со смещением, который используется в интегрированной тангенциальной системе сжигания с низким выходом NOx.

Фиг. 6 - горизонтальная проекция топки, работающей на пылевидном твердом топливе, изображающая интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, с изображением принципа работы регулируемого поворота вокруг вертикальной оси разделенного острого дутья, которое используется в интегрированной тангенциальной системе сжигания с низким выходом NOx.

Фиг. 7 - боковая вертикальная проекция топки, работающей на пылевидном твердом топливе, представляющая интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, с изображением принципа работы регулируемого наклона разделенного острого дутья, которое используется в интегрированной тангенциальной системе сжигания с низким выходом NOx.

Фиг. 8 - графическое изображение сравнения уровней выхода NOx, полученных в двух внелабо-

раторных испытаниях и в одном лабораторном испытании известной системы сжигания с низким уровнем выхода NOx, пригодной для применения в топке, работающей на пылевидном твердом топливе.

Фиг. 9 - графическое изображение сравнения уровней выхода NOx, полученных от известных систем сжигания выходом NOx, каждая из которых пригодна для применения в топке, работающей на пылевидном твердом топливе, и от интегрированной тангенциальной системы сжигания с низким выходом NOx.

Фиг. 10 - графическое изображение действия на уровни выхода NOx и на количество углерода в летучей золе, когда стехиометрия уменьшается в главной зоне горелок топki, работающей на пылевидном твердом топливе, которая изображает интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx.

Фиг. 11 - графическое изображение действия, которое указанная стехиометрия оказывает на уровни выхода NOx, когда используются три вида системы сжигания с низким выходом NOx с различной конфигурацией, каждый из которых пригоден для применения в топке, работающей на пылевидном твердом топливе.

Фиг. 12 - графическое изображение действия, которое мелкость пылевидного твердого топлива оказывает на количество углерода в летучей золе, когда используются три имеющих различную конфигурацию вида системы сжигания с низким выходом NOx, каждый из которых пригоден для применения в топке, работающей на пылевидном твердом топливе.

Фиг. 13 - графическое изображение действия, которое мелкость пылевидного твердого топлива оказывает на уровни выхода NOx, когда используются три имеющих различную конфигурацию вида системы сжигания с низким выходом NOx, каждый из которых пригоден для применения в топке, работающей на пылевидном твердом топливе.

Фиг. 14 - графическое изображение количества CO, полученного от испытательного сжигания интегрированной тангенциальной системой сжигания с низким выходом NOx, трех различных типов пылевого твердого топлива.

Фиг. 15 - графическое изображение количества углерода в летучей золе, полученной от испытательного сжигания интегрированной тангенциальной системой сжигания с низким выходом NOx, трех различных типов пылевого твердого топлива.

Фиг. 16 - графическое изображение уровней выхода NOx, полученных от испытательного сжигания интегрированной тангенциальной системой сжигания с низким выходом NOx, трех различных типов пылевого твердого топлива.

Фиг. 17- схематическое изображение в вертикальном сечении топki, работающей на пылевидном твердом топливе, представляющей собой интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, с показом направления потоков пылевидного твердого топлива и воздуха, вводимых в указанную топку через ее главную воздушную коробку, когда используется вихревое число, превышающее 0,6.

Фиг. 18 - схематическое изображение в горизонтальной проекции топki, работающей на пылевидном твердом топливе, представляющей собой интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, с показом углов, под которыми пылевидное твердое топливо и воздух вводятся в указанную топку через ее главную воздушную коробку для создания вихревого числа, превышающего 0,6.

Фиг. 19 - схематическое изображение в вертикальном сечении части топki, работающей на пылевидном твердом топливе, представляющей собой интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, с показом наклона нижней форсунки для пылевидного твердого топлива и наклона нижнего наконечника воздушной форсунки для достижения уменьшения бункерной золы и увеличенного превращения углерода.

На фиг. 1 изображена топка, работающая на пылевидном твердом топливе, обозначенная общим ссылочным номером 1. Поскольку существо конструкции и способ работы таких топok сами по себе хорошо известны специалистам в этой области техники, то нет необходимости давать подробное описание топki 1, изображенной на фиг. 1. Вместо этого, для характеристики топki 1, которая может быть объединена для совместной работы с интегрированной тангенциальной системой сжигания с низким выходом NOx, обозначенной ссылочным номером 2 на фиг. 2, которая в соответствии с настоящим изобретением может устанавливаться в топке 1, и при такой установке интегрирования тангенциальная система сжигания с низким выходом NOx может работать для ограничения выхода NOx из топki 1 до уровня менее 0,15 фунта/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц, с одновременным ограничением углерода в летучей золе из топki 1 до менее 5% и уровней выхода CO из топki 1 до менее 50 частей на миллион, представляется достаточным привести описание компонентов топki 1, с которой объединена вышеназванная интегрированная тангенциальная система 2 сжигания с низким выходом NOx. За другими подробностями конструкции и способа работы компонентов топki 1, которые здесь не описаны, можно обратиться к описаниям предшествующего уровня техники, например, к патенту США 4719587, выданному 12 января 1988 года на имя F.J.Berte, права по которому переданы правопреемнику по настоящей патентной заявке.

Изображенная на фиг. 1 топка 1, работающая на пылевидном твердом топливе, включает в себя область горелки, обозначенную общим ссылочным номером 3. Как подробнее описано ниже в связи с описанием существа конструкции и способа работы интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx, именно в области горелки 3 топki 1, что хорошо известно специалистам в этой области техники, начинается сжигание пылевого твердого топлива и воздуха. Горячие газы, которые образуются от сжигания пылевидного твердого топлива и воздуха, поднимаются вверх в указанной топке. Во время их перемещения вверх в топке 1 горячие газы способом, хорошо известным специалистам в этой области техники, отдают тепло текущему агенту,

проходящему по трубам (не показаны на чертежах), которыми общепринятым способом обложены все четыре стенки топки 1. Затем горячие газы выходят из топки 1 через горизонтальный проход, обозначенный ссылочным номером 4, который в свою очередь ведет к заднему газовому проходу, обозначенному ссылочным номером 5. Как горизонтальный проход 4, так и задний газовый проход 5 обычно содержит другую поверхность теплообменника (не показана) для образования и перегрева пара способом, хорошо известным специалистам в этой области техники. После этого пар обычно направляется потоком к турбине (не показаны), которая образует один компонент турбогенератора (не показан), так что пар обеспечивает движущую силу для движения турбины (не показана), а тем самым также генератора (не показан), который известным образом взаимодействует с турбиной так, что генератором (не показан) производится электроэнергия.

С учетом вышеизложенного делается ссылка, в частности, на фиг. 1 и 2 для описания интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx, которая в соответствии с настоящим изобретением предназначена для взаимодействия с топкой, выполненной подобно топке 1, которая изображена на фиг. 1. А именно, интегрированная тангенциальная система 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx предназначена для использования в топке, как топка 1 по фиг. 1, так что при таком использовании вместе с ней интегрированная тангенциальная система 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx работает для ограничения выхода NOx из топки 1 до уровня ниже  $0,15 \text{ фунта}/10^6$  британских тепловых единиц, с одновременным ограничением углерода в летучей золе из топки 1 до уровня менее 5%, а выход CO из топки 1 ограничивается до уровней менее 50 частей на миллион.

Как видно на фиг. 1 и 2, интегрированная тангенциальная система 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx содержит кожух, предпочтительно в виде главной воздушной коробки, обозначенной ссылочным номером 6 на фиг. 1 и 2. Главная воздушная коробка 6, способом, хорошо известным специалистам в этой области техники, поддерживается обычным опорным устройством (не показано) в области 3 горелки топки 1 так, что продольная ось главной воздушной коробки 6 проходит по существу параллельно относительно продольной оси топки 1. Далее описана интегрированная тангенциальная система 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx в соответствии с вариантом ее осуществления на фиг. 2, главная воздушная коробка 6 содержит пару торцевых воздушных отделений, обозначенных ссылочными номерами 7 и 8, соответственно. Одно из торцевых воздушных отделений, а именно, то, которое обозначено ссылочным номером 7, предусмотрено на нижнем конце главной воздушной коробки 6. Другое торцевое воздушное отделение, а именно, то, которое обозначено ссылочным номером 8, предусмотрено в верхней части главной воздушной коробки 6. Кроме того, в главной воздушной коробке 6 предусмотрено также множество отделений прямого воздуха, обозначенных ссылочными номерами 9, 10 и 11 соответственно на фиг. 2,

и множество отделений воздуха смещения, обозначенных ссылочными номерами 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 соответственно на фиг. 2. Форсунка прямого воздуха крепится определенным образом с помощью любого обычного крепежного устройства, пригодного для использования с такой целью в каждом из торцевых воздушных отделений 7 и 8 и в каждом из отделений прямого воздуха 9, 10 и 11. Однако форсунка воздуха смещения для цели, которая более подробно описана ниже, крепится определенным образом с помощью любого обычного крепежного устройства, пригодного для такого использования в каждом из отделений 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения. Устройство подачи воздуха (не показано) в рабочем режиме соединено с каждым из торцевых воздушных отделений 7 и 8, с каждым из отделений 9, 10 и 11 прямого воздуха и с каждым из отделений 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения, через которые устройство подачи воздуха подает воздух к области 3 горелки топки 1 и через нее. Для этого устройство подачи воздуха снабжено вентилятором (не показан) и воздухопроводами (не показаны), которые соединяются потоком текучего агента с вентилятором, с одной стороны, и с торцевыми отделениями 7 и 8, отделениями 9, 10 и 11 прямого воздуха и отделениями 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения соответственно, с другой стороны, через отдельные клапаны и органы управления (не показаны).

В соответствии с вариантом осуществления главной воздушной коробки 6, показанным на фиг. 2, она также снабжена множеством топливных отделений, обозначенных ссылочными номерами 20, 21, 22, 23 и 24, соответственно. В каждом из топливных отделений 20, 21, 22, 23 и 24 определенным образом установлена топливная форсунка, показанная на фиг. 3, и обозначенная ссылочным номером 25. Для установки топливной форсунки 25 в каждом из указанных топливных отделений может применяться любое известное крепежное устройство, пригодное для использования с такой целью. Для цели, которая будет описана более подробно далее, топливная форсунка 25 включает в себя наконечник форсунки для пылевого твердого топлива факельного устройства, показанный на фиг. 4 и обозначенный ссылочным номером 26. Каждое из топливных отделений 20, 21, 22, 23 и 24, для примера, но не для ограничения, обозначается на фиг. 2 как угольное отделение. Однако, очевидно, что топливные отделения 20, 21, 22, 23 и 24 также пригодны для использования с другими видами пылевидного твердого топлива, то есть, с любым видом пылевидного твердого топлива, который может сжигаться в области горелки 3 топки 1.

Устройство подачи пылевидного твердого топлива, которое показано схематически на фиг. 1 и обозначено ссылочным номером 27, в рабочем режиме соединено с наконечниками форсунок 26 определенным образом установленными в топливных отделениях 20, 21, 22, 23 и 24, посредством которых устройство 27 подает пылевидное твердое топливо к указанным топливным отделениям, более конкретно - к топливным форсункам 25 для впрыска в область горелки 3 топки 1. С этой целью устройство 27 подачи пылевидного твердого

топлива снабжено установкой 28 тонкого размола на фиг. 1 и каналами 29 для пылевидного твердого топлива. Установка 28 тонкого размола предназначена для образований пылевидного твердого топлива мелкости предельно минимальной на сите номер 50, 1,5% на сите номер 100 и больше 85% на сите номер 200, где номер 50, номер 100 и номер 200 эквивалентны частицам с размером приблизительно 300 микрон, 150 микрон и 74 микрона соответственно. Далее, для этого установка 28 тонкого размола имеет динамический сортировщик (не показан). Кроме того, в соответствии со способом работы динамического сортировщика (не показан) вращающиеся лопатки сортировщика придают частицам пылевого твердого топлива центробежную силу, когда они транспортируются через динамический сортировщик (не показан) воздушным потоком. Баланс сил, созданных воздушным потоком и вращающимися лопатками сортировщика, отделяет крупные частицы от мелких. Мелкие частицы выходят из динамического сортировщика (не показано), тогда как крупные частицы остаются в установке 28 тонкого размола для дальнейшего измельчения. Первостепенная потребность в отношении более мелкого твердого топлива состоит в минимизации горючих потерь (несгоревший углерод), вызванных процессом сжигания со ступенчатым изменением, который используют для регулирования NOx в интегрированной тангенциальной системе 2 сжигания с низким уровнем выхода NOx, выполненной в соответствии с настоящим изобретением. Более мелкое твердое топливо может приводить к близкому воспламенению на выпускном наконечнике топливной форсунки 25, повышая этим выход топливного азота и его последующее восстановление до N<sub>2</sub> при условиях ступенчатого изменения. Побочные выгоды состоят в наличии менее крупных частиц (сито с ячейками номера > 100), ударяющих по топочным экранам топки 1, и улучшенной стабильности воспламенения при низкой загрузке. Пылевое твердое топливо с мелкостью, перечисленной выше, транспортируется через каналы 29 для пылевого твердого топлива от установки 28 тонкого размола, с которой каналы 29 для пылевидного твердого топлива соединяются потоком текущего агента, с одной стороны, с наконечниками форсунок 25 (поддерживаемых а установленном режиме, в топливных отделениях 20, 21, 22, 23 и 24, с которыми, с другой стороны, каналы 29 для пылевидного твердого топлива соединяются потоком текущего агента через отдельные клапаны и органы управления (не показаны)). Хотя это и не показано на чертежах, установка 28 тонкого размола в рабочем режиме соединяется с вентилятором (не показан) устройства подачи воздуха, на который делалась ссылка раньше, так, что воздух подается от вентилятора (не показан) устройства подачи воздуха к установке 28 тонкого размола, благодаря чему пылевидное твердое топливо, подаваемое от установки тонкого размола 28 к топливным форсункам 25, транспортируется через каналы 29 для пылевидного твердого топлива в потоке воздуха способом, хорошо известным специалистам в этой области мельниц тонкого помола.

Как видно на фиг. 3 и 4, наконечник 26 форсунки для пылевидного твердого топлива факель-

ного устройства обычно имеет конфигурацию коробки прямоугольной формы, обозначенной на фиг. 3 ссылочным номером 30. Коробка 30 прямоугольной формы имеет открытые торцы 31 и 32 на противоположных сторонах, через которые поток твердого топлива/первичного воздуха входит в наконечник 26 форсунки для пылевидного твердого топлива факельного устройства и соответственно выходит из него. На фиг. 3 вокруг коробки 30 прямоугольной формы на небольшом от нее расстоянии предусмотрен проход 33 для дополнительного воздуха, то есть, воздуха, поддерживающего сжигание.

Отличительными особенностями наконечника 26 форсунки для пылевидного твердого топлива факельного устройства являются особенности его выхода. Для этого предусмотрены четыре прямоугольных стержня, расположенные симметрично вокруг осей и центра плоскости наконечника. Кроме того, в выходной плоскости наконечника 26 форсунки пылевидного твердого топлива факельного устройства находятся «срезающие стержни», которые располагаются соответственно вверх и вниз выходной плоскости наконечника. Размеры коробки 30 прямоугольной формы, прямоугольных стержней и «срезающих стержней» устанавливаются на основании скорости сжигания, которую по проекту должна иметь топливная форсунка 25.

Прямоугольные стержни создают турбулентность, когда пылевидное твердое топливо и первичный воздух выходят в точке 32 из коробки 30 прямоугольной формы. В результате создается несколько положительных эффектов. А именно, турбулентность создает вихри там, где скорость распространения пламени выше, чем скорость пылевидного твердого топлива/первичного воздуха, вследствие чего точки воспламенения расположены ближе к выходу из наконечника форсунки для пылевидного твердого топлива у факельного устройства, то есть, в пределах двух футов от него. Кроме того, относительные скорости пылевидного твердого топлива и первичного воздуха различны, что улучшает смешивание, а следовательно, выход летучих из пылевидного твердого топлива в области вблизи топливной форсунки 25. Это может уменьшить образование NOx путем перемещения летучих в зоне недостатка кислорода, что, как известно, уменьшает количества NOx, образованного путем превращения азота пылевидного твердого топлива.

Далее, главная воздушная коробка 6 в соответствии с фиг. 2, предусмотрена во вспомогательном топливном отделении, обозначенном ссылочным номером 34 на фиг. 2. Вспомогательное топливное отделение 34 в рабочем режиме осуществляет посредством расположенной в нем вспомогательной топливной форсунки впрыскивание через нее в область горелки 3 топки 1 вспомогательного топлива в виде не размельченного твердого топлива, то есть, нефти или газа, когда такое впрыскивание представляется желательным. Например, может оказаться желательным осуществить такое впрыскивание вспомогательного топлива, когда производится пуск топки 1. Хотя главная воздушная коробка 6 дана на фиг. 2 как имеющая только одно такое отделение для вспомогательного топлива 34, очевидно, что главная



воздушная коробка 6 также может быть обеспечена дополнительным отделением 34 для вспомогательного топлива, без отклонения от существа настоящего изобретения. С этой целью, если желательно обеспечить дополнительные отделения для вспомогательного топлива 34, это может быть осуществлено путем замены одного или большего числа отделений 9, 10 и 11 прямого воздуха отделением 34 для вспомогательного топлива.

Далее следует описание принципа работы сжигания со смещением со ссылкой, в частности, на фиг. 5. В соответствии с фиг. 5 поток пылевидного твердого топлива и первичного воздуха, который впрыскивается в область горелки 3 топки 1 через отделения 20, 21, 22, 23 и 24 для пылевидного твердого топлива, направляется, как схематически изображено ссылочным номером 35 на фиг. 5, к воображаемой малой окружности, обозначенной ссылочным номером 36, и находящейся в центре области горелки 3 топки 1. В отличие от потока пылевидного твердого топлива и первичного воздуха, воздух, поддерживающий сжигание, то есть вторичный воздух, который вводится в область горелки 3 топки 1 через отделения 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения, направляется, как схематически изображено ссылочным номером 37 на фиг. 5, к воображаемой окружности большого диаметра, обозначенной ссылочным номером 38, которая, в силу концентричности с малой окружностью 36, обязательно подобна малой окружности 36, тоже расположенной в центре области горелки 3 топки 1.

Горизонтальное смещение некоторой части вторичного воздушного потока через главную воздушную коробку 6 уменьшает количество воздуха для потока пылевидного твердого топлива и первичного воздуха на ранних стадиях сжигания. Оно также создает окислительную среду вблизи топочных экранов топки 1 в зоне сжигания пылевидного твердого топлива и первичного воздуха и выше нее. Результатом является уменьшение количества осаждения золы и липкости, что приводит к уменьшению использования аппаратов для обдува топочных экранов, а также к увеличению поглощения тепла в нижней части топки 1. Увеличенные уровни  $O_2$  вдоль топочных экранов топки 1 также уменьшают возможность коррозии, особенно, когда сжигаются пылевидные твердые топлива с высокими концентрациями серы, железа или щелочных металлов (K, Na). Коррозию из-за сульфидирования или другого механизма (других механизмов) можно в большой степени регулировать на практике путем минимизации возможности прямого удара потока пылевидного твердого топлива и первичного воздуха по топочным экранам топки 1, работающей на пылевидном твердом топливе. Для этого используются природоохранные параметры выделения теплоты и геометрия топки 1, а также улучшенное регулирование мелкости пылевидного твердого топлива, сжигаемого в топке 1.

Продолжение описания интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом  $NO_x$  в соответствии с вариантом ее осуществления по фиг. 2: пара тесно связанных отделений острого дутья, обозначенных ссылочными номерами 39 и 40, соответственно, предусмотрены в главной воздушной коробке 6, в верхней ее части, так, что

они находятся по существу рядом с торцевым воздушным отделением 8. Тесно связанная форсунка для острого дутья поддерживается определенным образом посредством любого известного крепежного устройства (не показано), пригодного для использования с такой целью в каждом из тесно связанных отделений 39 и 40 острого дутья. Каждое из тесно связанных отделений 39 и 40 острого дутья воздуха в рабочем режиме соединено с тем же устройством подачи воздуха (не показано), с которым, как описано выше, в рабочем режиме соединено каждое из торцевых воздушных отделений 7 и 8, а также каждое из отделений 9, 10 и 11 прямого воздуха и каждое из отделений 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения, так, что это устройство подачи воздуха (не показано) подает некоторое количество воздуха, поддерживающего сжигание, к каждому из тесно связанных отделений 39 и 40 острого дутья для вдувания через них в область горелки 3 топки 1. Вдувание такого воздуха, поддерживающего сжигание, через тесно связанные отделения 39 и 40 острого дутья улучшает выжигание углерода без увеличения образования  $NO_x$ .

Далее, конструкция интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом  $NO_x$  характеризуется следующим: два или большее число отдельных уровней разделенного острого дутья встраиваются в каждый угол топки 1 так, что они находятся между верхом главной воздушной коробки 6 и плоскостью выпускного отверстия топки 1, изображенной пунктирной линией 41 на фиг. 1. В соответствии с вариантом осуществления на фиг. 1 и 2, интегрированная тангенциальная система с низким выходом  $NO_x$  2 имеет два отдельных уровня разделенного острого дутья, то есть нижний уровень разделенного острого дутья, обозначенный на фиг. 1 и 2 ссылочным номером 42, и верхний уровень разделенного острого дутья, обозначенный на фиг. 1 и 2 ссылочным номером 43. Нижний уровень 42 разделенного острого дутья соответствующим образом поддерживается посредством любого известного крепежного устройства (не показано), пригодного для использования с такой целью в области горелки 3 топки 1, так, что он соответственно отстоит от верха воздушной коробки 6, более конкретно - от верха отделения 40 тесно связанного острого дутья, и так, что он по существу выровнен с продольной осью главной воздушной коробки 6. Подобным же образом верхний уровень 43 разделенного острого дутья соответствующим образом поддерживается посредством любого известного крепежного устройства (не показано), подходящего для использования с такой целью в области горелки 3 топки 1, так, что он соответственно отстоит от нижнего уровня 42 разделенного острого дутья, и так, что он по существу выровнен с продольной осью главной воздушной коробки 6. Нижний уровень 42 и верхний уровень 43 разделенного острого дутья соответствующим образом размещаются между верхом главной воздушной коробки 6 и плоскостью 41 выходного отверстия топки так, что время, которое занимает прохождение газов, полученных от сжигания пылевидного твердого топлива, от верха главной воздушной коробки 6 к верху верх-

него уровня 43 разделенного острого дутья, то есть время пребывания, превышает 0,3 секунды.

Далее следует описание нижнего уровня 42 и верхнего уровня 43 разделенного острого дутья. В соответствии с вариантом осуществления на фиг. 1 и 2, нижний уровень 42 разделенного острого дутья включает в себя три отделения разделенного острого дутья, обозначенных на фиг. 2 черточкой ссылочными номерами 44, 45 и 46. Подобным же образом верхний уровень 43 разделенного острого дутья также включает в себя три отделения разделенного острого дутья, обозначенные на фиг. 2 ссылочными номерами 47, 48 и 49. Форсунка для разделенного острого дутья установлена определенным образом посредством обычного известного крепежного устройства (не показано), пригодного для использования с такой целью в каждом из отделений 44, 45 и 46 разделенного острого дутья нижнего уровня 42 и в каждом из отделений 47, 48 и 49 разделенного острого дутья верхнего уровня 43 так, что каждая из таких форсунок разделенного острого дутья способна как к движению поворота вокруг вертикальной оси, так и к движению наклона. Как показано на фиг. 6, движение поворота вокруг вертикальной оси относится к движению в горизонтальной плоскости, то есть к движению, указанному стрелкой 50 на фиг. 6. С другой стороны, движение наклона, как видно на фиг. 7, относится к движению в вертикальной плоскости, то есть к движению, указанному стрелкой 51.

В завершение описания нижнего уровня 42 и верхнего уровня 43 разделенного острого дутья: каждое из отделений 44, 45 и 46 нижнего уровня 42 разделенного острого дутья в рабочем режиме соединяется потоком текучего агента с тем же устройством подачи воздуха (не показано), с которым, как было описано выше, в рабочем режиме соединяется каждое из торцевых воздушных отделений 7 и 8, каждое из отделений 9, 10 и 11 прямого воздуха, каждое из отделений 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения и каждое из отделений 39 и 40 тесно связанного острого дутья так, что это устройство подачи воздуха (не показано) подает некоторое количество воздуха, поддерживающего сжигание, к каждому из отделений 44, 45 и 46 для вдувания через них в область горелки 3 топки 1. Подобным же образом каждое из отделений 47, 48 и 49 верхнего уровня 43 разделенного острого дутья в рабочем режиме соединено потоком текучего агента с тем же устройством подачи воздуха (не показано), с которым, как описано выше, в рабочем режиме соединяется каждое из торцевых воздушных отделений 7 и 8, каждое из отделений 9, 10 и 11 прямого воздуха, каждое из отделений 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения и каждое из отделений 39 и 40 тесно связанного острого дутья, так, что это устройство подачи воздуха (не показано) подает некоторое количество воздуха, поддерживающего сжигание, к каждому из отделений 47, 48 и 49 для вдувания через них в область горелки 3 топки 1.

Эффект от использования многоступенчатого разделенного острого дутья, то есть, двух или большего числа отдельных уровней разделенного острого дутья, состоит в возможности оптимизации стехиометрии в области горелки 3 топки 1 для регулирования NOx для каждого данного пыле-

видного твердого топлива. Кроме того, используя возможность поворота вокруг вертикальной оси и наклонного расположения отделений 44, 45 и 46 нижнего уровня 42 разделенного острого дутья и отделений 47, 48 и 49 верхнего уровня 43 разделенного острого дутья, возможно осуществить настройку процесса смешивания воздуха сжигания и топочного газа для максимального регулирования уровней выхода горючих веществ, как углерод, CO, общие углеводороды (ОУ) и полициклические ароматические соединения (ПАС).

Ниже дано краткое описание способа работы интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом NOx, выполненной по настоящему изобретению, которая предназначена для использования в топке, работающей на пылевидном твердом топливе, представленной на фиг. 1, как топка 1. При таком использовании интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом NOx работает для ограничения выхода NOx из топки 1 до менее 0,15 фунта/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц с одновременным ограничением углерода в летучей золе топки 1 до уровня менее 5%, а выход CO из топки 1 ограничивается до уровней менее 50 частей на миллион. Для этого в соответствии со способом работы интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом NOx от установки 28 тонкого размолла подается пылевидное твердое топливо с уровнями мелкости предельно минимальной на сите номер 50, 1,5% на сите номер 100 и больше 85% при прохождении через сито номер 200, где номер 50, номер 100 и номер 200 эквивалентны размерам частиц приблизительно 300 микрон, 150 микрон и 74 микрона соответственно. Пылевидное твердое топливо, имеющее уровни мелкости, перечисленные выше, транспортируется в воздушном потоке через топливные каналы 29 от установки 28 к отделениям 20, 21, 22, 23 и 24 пылевидного твердого топлива. Пылевидное твердое топливо захватывается воздушным потоком, затем вводится в область горелки 3 топки 1 через наконечник 26 форсунки для пылевидного твердого топлива факельного устройства, которое соответственно предусмотрено для этой цели в каждом из отделений 20, 21, 22, 23 и 24, благодаря чему место воспламенения пылевидного твердого топлива, которое впрыскивается через него, находится менее, чем в двух футах от соответствующего одного из наконечников 23 форсунки для пылевидного твердого топлива факельного устройства, через который было введено пылевидное твердое топливо, в результате получается стабильное пламя летучих веществ и минимизируется образование NOx в потоке, богатом пылевидным твердым топливом.

Продолжение описания способа работы интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом NOx: предварительно установленное количество воздуха, поддерживающего сжигание, в виде вторичного воздуха вдувается в область горелки 3 топки 1 через каждое из торцевых воздушных отделений 7 и 6, каждое из отделений 9, 10 и 11 прямого воздуха и каждое из отделений 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 воздуха смещения так, что стехиометрия, которая существует в области горелки 3, а именно - в ее зоне первичного сжигания, находится между 0,5 и 0,7. Термин "ств-

хиометрия" в данном контексте означает теоретическое количество воздуха, которое требуется для завершения сжигания пылевидного твердого топлива, а термин "зона первичного сжигания" в данном контексте означает зону, лежащую между торцевым воздушным отделением 7 и торцевым воздушным отделением 8. Действие стехиометрии, находящейся между 0,5 и 0,7 в зоне первичного сжигания состоит в том, что максимизируется выход азота из пылевидного твердого топлива, которое было введено туда через отделения 20, 21, 22, 23 и 24, и превращение этого азота в молекулярный азот, то есть в  $N_2$ . Дополнительный эффект состоит в том, что минимизируется вынос общих видов атомарного азота, то есть,  $NO$ ,  $HCN$ ,  $NH_3$  и полуксодовый азот, из зоны первичного сжигания в следующую зону в области горелки 3 топки 1.

8 дополнение к воздуху, поддерживающему сжигание, вводимому, как описано выше, в зону первичного сжигания, предварительно установленное количество воздуха, поддерживающего сжигание, в виде тесно связанного острого дутья вводится в область горелки 3 топки 1 через каждое из отделений 39 и 40 тесно связанного острого дутья так, что стехиометрия, которая существует в области горелки 3 топки 1, а именно - в ее зоне повторного псевдообжига/устранения  $NOx$ , находитсся между 0,7 и 0,9. Термин "зона повторного псевдообжига/устранения  $NOx$ " {pseudo-reburn/de $NOx$  zone} в данном контексте означает зону, лежащую между отделением 40 тесно связанного отделения острого дутья и отделением 44 нижнего уровня 42 разделенного острого дутья. Действие стехиометрии, находящейся между 0,7 и 0,9 в зоне повторного псевдообжига/устранения  $NOx$ , состоит в том, что максимизируется восстановление  $NO$  до  $N_2$  посредством реакции с углеводородами и/или аминными радикалами.

Обратимся далее к способу работы интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом  $NOx$ , выполненной по настоящему изобретению, при которой предварительно установленное количество воздуха, поддерживающего сжигание, в виде разделенного острого дутья вдувается в область горелки 3 топки 1. Более конкретно, первое предварительно установленное количество такого воздуха, поддерживающего сжигание, в виде разделенного острого дутья вдувается в область горелки 3 топки 1 через каждое из отделений 44, 45 и 46 нижнего уровня 42 разделенного острого дутья так, что стехиометрия, которая существует в области горелки 3 топки 1, а именно - в ее зоне уменьшения реактивного азота, находится между 0,9 и 1,02. Термин "зона уменьшения реактивного азота" в данном контексте означает зону, лежащую между отделением 46 нижнего уровня 42 разделенного острого дутья и отделением 47 верхнего уровня 43 разделенного острого дутья. Действие стехиометрии, находящейся между 0,9 и 1,02 в зоне уменьшения реактивного азота, состоит в том, что минимизируется вынос видов реактивного азота (то есть  $Жз$ ,  $HCN$  и полуксодового азота) в конечную зону в области 3 горелки топки 1 с одновременной максимизацией превращения в молекулярный азот  $\{N_2\}$ .

Второе предварительно установленное количество такого воздуха, поддерживающего сжига-

ние, в виде разделенного острого дутья вдувается в область горелки 3 топки 1 через каждое из отделений 47, 48 и 49 верхнего уровня 43 разделенного острого дутья, так, что стехиометрия, которая существует в области горелки 3 топки 1, а конкретнее - в ее конечной зоне/зоне выжигания, составляет по крайней мере 1,07. Термин "конечная зона/зона выжигания" в данном контексте означает зону, лежащую между отделением 49 верхнего уровня 43 разделенного острого дутья и плоскостью 41 выпускного отверстия топки. Действие стехиометрии, составляющей по крайней мере 1,07 в конечной зоне/зоне выжигания, состоит в повышении стехиометрии до конечного уровня воздуха выхода для того, чтобы минимизировать выход  $CO$ ,  $OY/VOC$  и качество несгоревшего вещества, однако при одновременной минимизации любого образования теплового  $NOx$ .

В итоге, интегрированная тангенциальная система 2 сжигания с низким выходом  $NOx$ , выполненная по настоящему изобретению, воплощает ряд идей. Например, в интегрированной тангенциальной системе сжигания с низким выходом  $NOx$  существует стехиометрия зоны оптимального первичного сжигания, где эта стехиометрия находится между 0,5 и 0,7. Во-вторых, в соответствии со способом работы интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $NOx$  оптимальная процентная доля потока массы воздуха вдувается на каждом данном уровне острого дутья для того, чтобы достичь минимального образования  $NOx$ , то есть максимизировать восстановление  $NOx$  и/или полноту сгорания. Считается, что эта оптимальная процентная доля потока массы находится в диапазоне от 10% до 20%.

В-третьих, в полном процессе сжигания с образованием и/или разрушением  $NOx$  имеется целых четыре важных реакционных стадии. Каждая реакционная стадия имеет свои собственные оптимальные условия, включая стехиометрию. Как описано выше, зоны, в которых эти четыре реакционных стадии имеют место, таковы: зона первичного сжигания, в которой стехиометрия находится между 0,5 и 0,7, зона псевдообжига/устранения  $NOx$ , в которой стехиометрия находится между 0,7 и 0,9, зона уменьшения реактивного азота, в которой стехиометрия находится между 0,9 и 1,02, и конечная зона/зона выжигания, где стехиометрия составляет по крайней мере 1,07. Наконец, в соответствии с особенностями конструкции интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $NOx$  многоступенчатый воздух острого дутья предназначается для введения в топку 1 через отделения разделенного острого дутья, например, отделения 44, 45 и 46 нижнего уровня 42 разделенного острого дутья и отделения 47, -48 и 49 верхнего уровня 43 разделенного острого дутья, на двух или большем числе отдельных уровней, которые находятся между верхом главной воздушной коробки 6 и плоскостью 41 выпускного отверстия топки 1, так что время пребывания превышает 0,3 секунды, то есть время, которое занимает перемещение газов, образованных от сжигания пылевидного твердого топлива, от верха главной воздушной коробки 6 к верху последнего уровня разделенного острого дутья, который, в соответствии с вариантом осу-

ществления интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , изображенной на фиг. 1 и 2 чертежей, является верхом отделения 49 верхнего уровня 43 разделенно-го острого дутья.

Ниже представлены выбранные из пылевидных твердых видов топлива (восточные штаты США) три типа пылевидного твердого топлива, обозначенные как А, Б и В, которые использовались в разработке интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , выполненной по настоящему изобретению. Результаты анализа трех типов пылевидного твердого топлива показаны в таблице.

Пылевидные твердые топлива восточных штатов США были выбраны потому, что они обычно менее поддаются ступенчатому сжиганию, особенно когда стараются получить и низкие уровни выхода  $\text{NO}_x$ , и низкие уровни несгоревшего углерода в летучей золе. Классификации Американского общества по испытанию материалов (ASTM) для испытанных пылевых твердых видов топлива таковы: жирное битуминозное для пылевидного твердого топлива А (среднее летучее битуминозное); битуминозное, имеющее высокое содержание летучих для пылевидного твердого топлива Б; и пылевидное твердое топливо В.

Лабораторные средства, которые использовались при разработке интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , по существу повторяют все главные моменты типичной работающей на пылевидном твердом топливе топке тангенциального сжигания, включая нижнюю топку, зольный бункер, множество горелок, секцию свода, панели пароперегревателя и/или промежуточного пароперегревателя и поверхности конвективного теплообмена. Упомянутые выше лабораторные исследования показали возможность создавать уровни выхода  $\text{NO}_x$ , согласующиеся с результатами измерений, полученными на действующих топках тангенциального сжигания, работающих на пылевидном твердом топливе. Посредством примера и без ограничения в этом отношении, можно сделать ссылку на фиг. 8 чертежей, которая дает графическое изображение сравнения уровней выхода  $\text{NO}_x$ , полученных в двух внелабораторных испытаниях на упомянутой топке тангенциального сжигания и в одном лабораторном испытании, использующем лабораторные средства, которые упоминались выше, относящемуся к известному виду системы сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , пригодной для использования в работающей на пылевидном твердом топливе топке тангенциального сжигания. Внелабораторные испытания обозначаются на фиг. 8 ссылочными номерами 52 и 53 соответственно, тогда как лабораторное испытание обозначается на фиг. 8 ссылочным номером 54.

Далее делается ссылка на фиг. 9, которая дает графическое изображение сравнения уровней выхода  $\text{NO}_x$ , полученных на известных различных системах сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , каждая из которых пригодна для использования в топке, работающей на пылевидном твердом топливе, и при использовании интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , выполненной по настоящему изобретению. Уров-

ни выхода  $\text{NO}_x$ , полученные на этих известных различных системах сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , обозначены на фиг. 9 ссылочными номерами 55, 56 и 57, тогда как уровень выхода  $\text{NO}_x$ , полученный с интегрированной тангенциальной системой 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , обозначен на фиг. 9 ссылочным номером 58. Как видно на фиг. 9, выход  $\text{NO}_x$ , достигавшийся при использовании известной системы сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , обозначенный на фиг. 9 ссылочным номером 57, приблизительно на 50% меньше, чем получено при использовании известной системы сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , для которой выход  $\text{NO}_x$  обозначен на фиг. 9 ссылочным номером 55. Кроме того, эксплуатационные параметры, достигаемые при использовании интегрированной тангенциальной системы 2 с низким выходом  $\text{NO}_x$ , выполненной по настоящему изобретению, представляют собой дальнейшее улучшение показателей известной системы сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , уровень выхода  $\text{NO}_x$  которой обозначен на фиг. 9 ссылочным номером 55. А именно, при использовании интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$  возможно, как показано ссылочным номером 5В на фиг. 9, получить уменьшение выхода  $\text{NO}_x$  почти на 80% выше того, что достижимо при использовании известной системы сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , выход  $\text{NO}_x$  которой обозначен на фиг. 9 ссылочным номером 55. С этой целью уровни выхода  $\text{NO}_x$ , всего 0,14 фунта/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц, были получены в лабораторных испытаниях с интегрированной тангенциальной системой 2 сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$ , выполненной по настоящему изобретению, когда сжигалось пылевидное твердое топливо А из восточных штатов США.

При сжигании пылевидного твердого топлива на выход  $\text{NO}_x$  сильно влияет наличие кислорода на ранних стадиях сжигания. Наличие кислорода на ранней, глобальной стадии процесса тангенциального сжигания характеризуется параметром "главная стехиометрия зоны горелки" (отношение имеющегося кислорода к кислороду, требующемуся для полного окисления топлива в области нижней топки, определяемой теоретически зоной введения топлива). На фиг. 10 показано, что, когда главная стехиометрия зоны горелки уменьшается до оптимальных уровней, выход  $\text{NO}_x$ , изображенный линией, обозначенной на фиг. 10 ссылочным номером 59, резко убывает до 0,14 фунта/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц. На фиг. 10 также показано, что выход несгоревшего углерода, изображенный линией, обозначенной ссылочным номером 60, возрастают при уменьшенной стехиометрии, но в пределах менее 5% углерода в летучей золе. Как видно на фиг. 10, дальнейшее уменьшение уровней главной стехиометрии зоны горелки ниже оптимума приводит к увеличению, как несгоревшего углерода, так и уровней выхода  $\text{NO}_x$ .

На фиг. 11 показано, что низкий выход  $\text{NO}_x$  не достигается только посредством ступенчатых изменений для объемной топки на низких уровнях стехиометрии. На фиг. 11 результаты выхода  $\text{NO}_x$ , изображенные линиями, обозначенными ссылочными номерами 61, 62 и 63 соответственно, полученные на трех имеющих различную кон-

фигурацию системах сжигания с низким выходом NOx во время сжигания пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США, показаны как функция главной стехиометрии зоны горелки. Хотя во всех случаях на уровне выхода NOx явно влияет этот параметр, абсолютные уровни выхода NOx, особенно минимумы, значительно различаются. Таким образом, очевидно, что эксплуатационные качества, в значении уменьшения выхода NOx, получаемого с интегрированной тангенциальной системой 2 сжигания с низким выходом NOx, выполненной по настоящему изобретению, зависят от оптимизированного интегрирования всей системы, а не просто от использования в ней ступенчатых изменений для объемной топki на низких стехиометрических уровнях.

На фиг. 12 показано действие, которое оказывает мелкость пылевидного твердого топлива на количество углерода в летучей золе, получаемой при сжигании пылевого твердого топлива А из восточных штатов США тремя имеющими различную конфигурацию системами сжигания с низким выходом NOx, обозначенными как конфигурация А, которая идентифицируется ссылочным номером 64, как конфигурация Б, которая идентифицируется ссылочным номером 65, и как конфигурация В, которая идентифицируется ссылочным номером 66 соответственно. С другой стороны, на фиг. 13 показано действие, которое оказывает мелкость пылевидного твердого топлива на уровне выхода NOx при сжигании пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США при использовании системы сжигания с низким выходом NOx конфигурации А, системы сжигания с низким выходом NOx конфигурации Б и системы сжигания с низким выходом NOx конфигурации В, соответственно. С этой целью результаты, представленные на фиг. 13, были получены с использованием конфигурации А при сжигании пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США со стандартной мелкостью, что изображено под номером 67 на фиг. 13, и при сжигании пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США с мелкостью предельно минимальной при просеивании через сито номер 50, 1,5% при просеивании через сито номер 100 и больше 85% при просеивании через сито номер 200, что изображено под номером 68 на фиг. 13; при использовании конфигурации Б при сжигании пылевого твердого топлива А из восточных штатов США со стандартной мелкостью, что изображено под номером 69 на фиг. 13, и при сжигании пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США с минимальной мелкостью при просеивании через сито номер 50, 1,5% при просеивании через сито номер 100 и больше 85% при просеивании через сито номер 200, что изображено под номером 70 на фиг. 13; и при использовании конфигурации В при сжигании пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США со стандартной мелкостью, что изображено под номером 71 на фиг. 13, и при сжигании пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США с минимальной мелкостью при просеивании через сито номер 50, 1,5% при просеивании через сито номер 100 и больше 85% при просеивании через сито номер 200, что изображено под номером 72 на фиг. 13. Эффект в отноше-

нии несгоревшего углерода, изображенного на фиг. 12, является ожидаемым, но уменьшение выхода NOx, изображенное на фиг. 13, не является предсказуемым. Обращается внимание на тот факт, что ни конфигурация А, ни конфигурация Б, ни конфигурация В систем сжигания с низким выходом NOx не воплощают конфигурацию интегрированной тангенциальной системы 2 сжигания с низким выходом NOx, выполненную по настоящему изобретению.

На фиг. 14 показано количество CO, полученное при испытательном сжигании на лабораторных средствах с интегрированной тангенциальной системой 2 сжигания с низким выходом NOx, выполненной по настоящему изобретению, пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США, изображенное под номером 73, пылевидного твердого топлива Б из восточных штатов США, изображенное под номером 74, и пылевидного твердого топлива В из восточных штатов США, изображенное под номером 75, соответственно.

На фиг. 15 показано количество углерода в летучей золе, полученное при испытательном сжигании на лабораторных средствах с интегрированной тангенциальной системой 2 сжигания с низким выходом NOx, выполненной по настоящему изобретению, пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США, изображенное под номером 76, пылевидного твердого топлива Б из восточных штатов США, изображенное под номером 77, и пылевидного твердого топлива В из восточных штатов США, изображенное под номером 78.

На фиг. 16 показана величина выхода NOx, полученная при испытательном сжигании на лабораторных средствах с интегрированной тангенциальной системой 2 сжигания с низким выходом NOx, выполненной по настоящему изобретению, пылевидного твердого топлива А из восточных штатов США, изображенное под номером 79, пылевидного твердого топлива Б из восточных штатов США, изображенное под номером 80, и пылевидного твердого топлива В из восточных штатов США, изображенное под номером 81.

Рассмотрим далее фиг. 17 и 18 чертежей:

фиг. 17 содержит схематическое представление, в вертикальном сечении, сущности топki, работающей на пылевидном твердом топливе, обозначенной ссылочным номером 1, воплощающей интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, выполненную по настоящему изобретению, с показом направления потоков, обозначенных стрелками 82 и 83, пылевидного твердого топлива и воздуха, вводимых в топку 1, работающую на пылевидном твердом топливе, через ее главную воздушную коробку, когда используется вихревое число больше 0,6.

Фиг. 18 - схематическое представление, вид сверху, сущности топki 1, работающей на пылевидном твердом топливе, по фиг. 17, воплощающей интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом NOx, выполненную по настоящему изобретению, с показом углов, обозначенных стрелками 84, при которых пылевидное твердое топливо и воздух вводятся в указанную топку через ее главную воздушную коробку для того, чтобы создать вихревое число больше 0,6.

Продолжение описания со ссылкой на фиг. 17 и 18: определено, что модификация аэродинамики нижней топки, работающей на пылевидном твердом топливе топки, такой, как топка 1 на фиг. 1, может уменьшать уровни выхода  $\text{NO}_x$ /углерода в летучей золе. Общепринятая практика состоит в том, чтобы работать в нижней топке с "вихревым, тангенциальным" огненным шаром. Этот огненный шар образуется от введения пылевидного твердого топлива и воздуха, поддерживающего сжигание, через форсунки, предусмотренные для этой цели, которые находятся в каждом из четырех углов топки, работающей на пылевидном твердом топливе. Форсунки для пылевидного твердого топлива и воздуха, поддерживающего сжигание, выровнены таким образом, что они придают вращательное, то есть вихревое, движение вокруг воображаемой окружности сжигания в центре работающей на пылевидном твердом топливе топки для газов, образующихся при сжигании вводимых пылевидного твердого топлива и воздуха, поддерживающего сжигание.

В соответствии с предложенной модификацией, изменяется подход, который описан выше, используемый для создания вихревой функции. Перед описанием сущности этой модификации следует определить терминологию, известную как "вихревое число". С этой целью вихревое число является безразмерным числовым выражением, которое описывает поля вихревых аэродинамических течений. Более конкретно, вихревое число определяется как отношение осевого потока углового момента количества движения, деленного на осевую поток линейного момента количества движения с членом вихревого радиуса. По определению увеличение углового момента поля течений увеличивает вихревое число, то есть создает более сильно завихренное поле течений. В соответствии с общепринятой практикой, топки, работающие на пылевидном твердом топливе, обычно проектируются так, чтобы они имели вихревые числа порядка от 0,4 до 0,6. Это достигается путем введения пылевидного твердого топлива и воздуха, поддерживающего сжигание, в такую топку под углом 6 градусов к диагонали, проходящей горизонтально через центр топки. Вихревые числа порядка от 0,4 до 0,6 создают то, что обычно называется "слабым вихревым" полем течений, с низкими скоростями турбулентного смешивания пылевидного твердого топлива и воздуха, поддерживающего сжигание, а аэродинамика нижней топки благоприятствует движению газообразных продуктов сгорания через топку по большей части в положительном направлении, вверх.

Посредством расположения впрыска пылевидного твердого топлива и воздуха, поддерживающего сжигание, под углами больше 6 градусов к диагонали, проходящей горизонтально через центр топки, возможно работать с нижней топкой при вихревых числах больше 0,6. Например, при использовании в этом отношении угла в 15 градусов, то есть угла в диапазоне, изображенном на фиг. 1В стрелками 84, возможно создать вычисляемое вихревое число 3,77. С этой целью, как видно на фиг. 17, когда вихревое число увеличивается до этого уровня, а чаще, когда вихревое число увеличивается за пределы 0,6, в центре

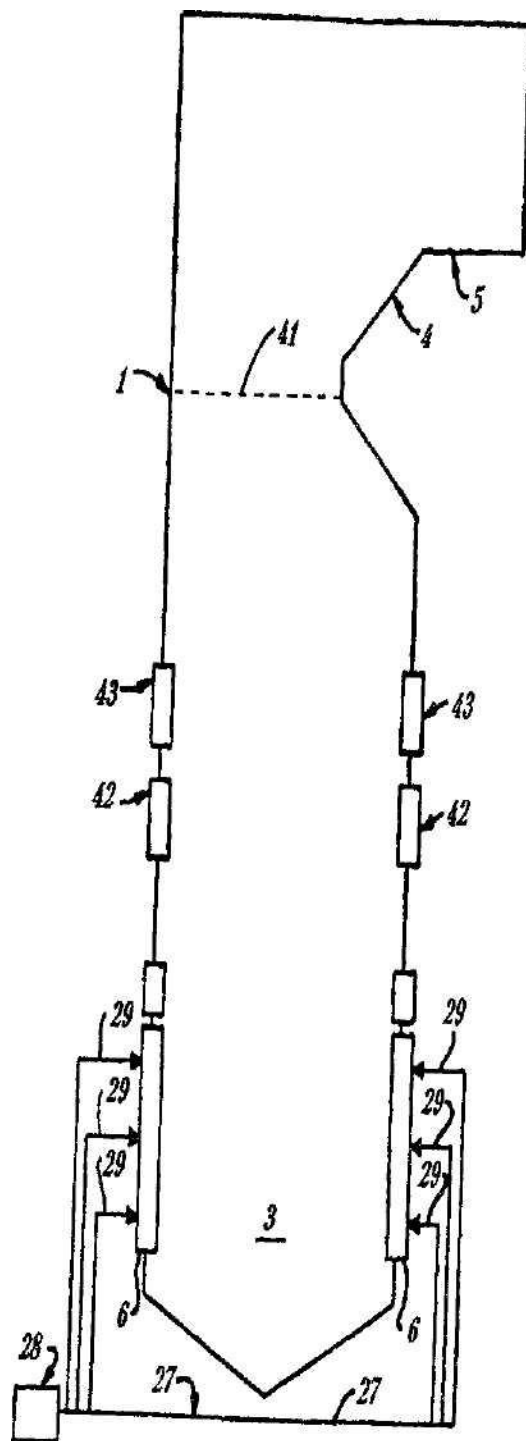
вихревого огненного шара устанавливается отрицательный градиент давления, то есть вихрь, который схематически изображен на фиг. 17 стрелками 83, создает обратное, то есть направленное вниз, течение в ядре вихря. Результат направленного вниз потока в центре созданного "огненного шара" состоит в том, что время пребывания пылевидного твердого топлива в нижней топке указанной топки резко возрастает. Это увеличенное время пребывания топлива, в соединении с оптимальным наличием кислорода, определенным как стехиометрическая среда топлива, и температурами в оптимальном диапазоне, создает оптимальную среду для минимизации уровней выхода  $\text{NO}_x$ , в то время как увеличенное время пребывания топлива тоже минимизирует любое увеличение выхода углерода в летучей золе, что улучшает КПД топки.

Фиг. 19 - схематическое представление, в вертикальном сечении, сущности топки, работающей на пылевидном твердом топливе, обозначенной ссылочным номером 1, воплощающей интегрированную тангенциальную систему сжигания с низким выходом  $\text{MO}_x$ , выполненную по настоящему изобретению, с изображением наклона нижней форсунки для пылевидного твердого топлива, показанного стрелкой 85, и наклона нижней воздушной форсунки, изображенного стрелкой 86, для того, чтобы достичь уменьшения золы бункера и увеличения превращений углерода. Известным свойством проектов системы сжигания с низким выходом  $\text{NO}_x$  является субстехиометрическая работа области горелки указанной топки. Эта низкая стехиометрия получается путем уменьшения количества воздуха, поддерживающего сжигание, которое вдувается в область горелки указанной топки. Получаемое в результате уменьшение скорости локального осевого течения способствует выпадению пылевидного твердого топлива в бункер, при совместной работе связанный с указанной топкой. Однако при наклоне вверх только нижней форсунки для пылевидного твердого топлива, как показано номером 85 на фиг. 19, и наклоне вниз нижней воздушной форсунки, как показано номером 86 на фиг. 19, в то время, как все другие форсунки для пылевидного твердого топлива и форсунки для воздуха, поддерживающего сжигание, остаются неизменными, указанное действие состоит в уменьшении количества пылевидного твердого топлива, попадающего в бункер в результате перенаправления пылевидного твердого топлива в зону более высокой осевой скорости с одновременным увеличением количества кислорода в бункере для обеспечения сжигания частиц пылевидного твердого топлива, которые могут попадать в бункер.

Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением обеспечена новая и улучшенная тангенциальная система сжигания, которая особенно пригодна для использования в топках, работающих на пылевидном твердом топливе. Помимо этого, по настоящему изобретению, обеспечена такая новая и улучшенная тангенциальная система сжигания для указанных топков, которая отличается тем, что посредством ее использования выход  $\text{NO}_x$  из указанных топков может регулироваться до уровней, которые согласуются с аль-

тернативными технологиями выработки электроэнергии на основе сжигания пылевидного твердого топлива, такими, как циркуляционный псевдоожиженный слой (ЦПС) и интегрированный объединенный цикл газификации (ИОЦГ), без использования либо избирательного каталитического восстановления (ИКВ), либо избирательного некаталитического восстановления (ИНКВ) А также в соответствии с настоящим изобретением обеспечена такая новая и улучшенная тангенциальная система сжигания для указанных топок, которая отличается тем, что посредством ее использования уровни выхода NOx из указанных топок могут ограничиваться до значений меньше 0,15 фун-

та/10 британских тепловых единиц, с одновременным ограничением углерода в летучей золе до значений менее 5% и уровней выхода СО до значения менее 50 частей на миллион Кроме того, по настоящему изобретению, обеспечена такая новая и улучшенная тангенциальная система сжигания для указанных топок, которая отличается тем, что посредством ее использования уровни выхода NOx из указанных топок могут ограничиваться до значений менее 0,15 фунта/10<sup>6</sup> британских тепловых единиц в широком диапазоне твердых видов топлива, от жирного битуминозного угля до лигнита, сжигаемых в такой топке

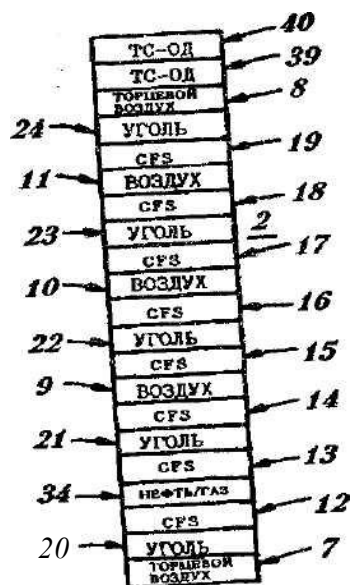


Фг.

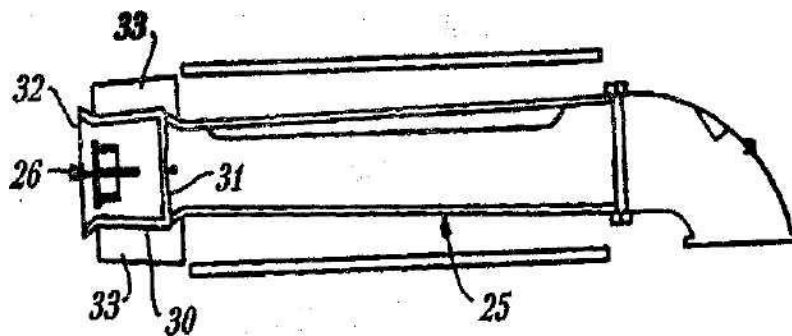


43'	В-ОД	49
		48
	В-ОД	47

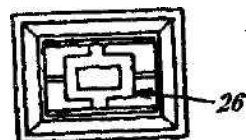
42-	Н-ОД	46
	Н-ОД	45
	Н-ОД	44



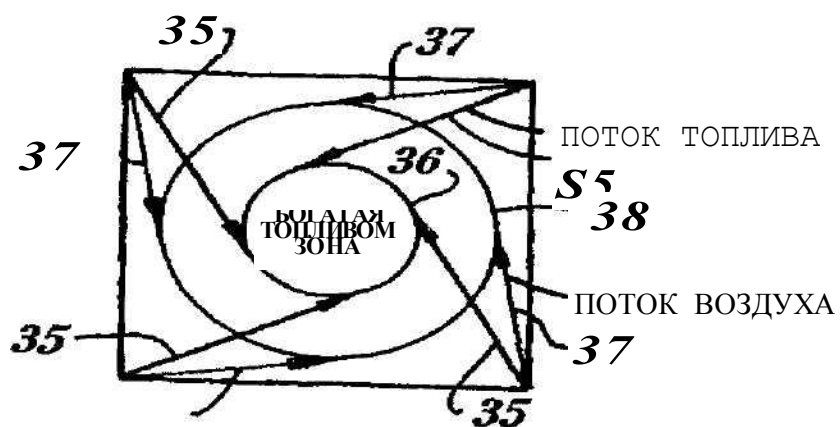
aw. 2



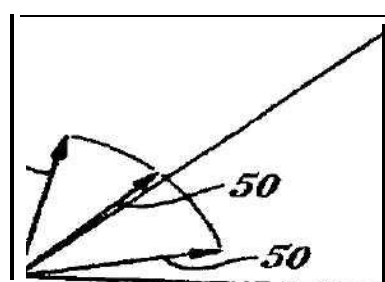
Фиг. 3



Фиг. 4

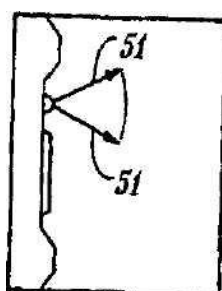


Фиг. 5

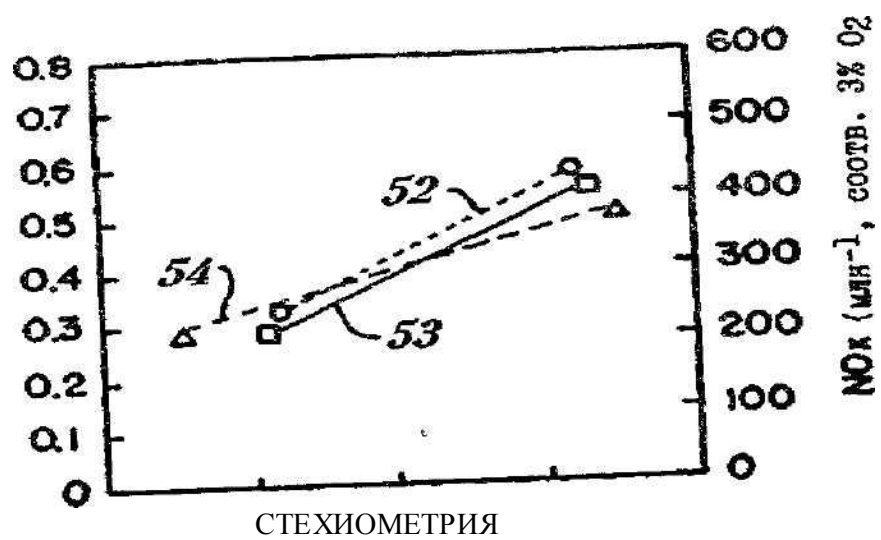


ДИАГОНАЛЬ

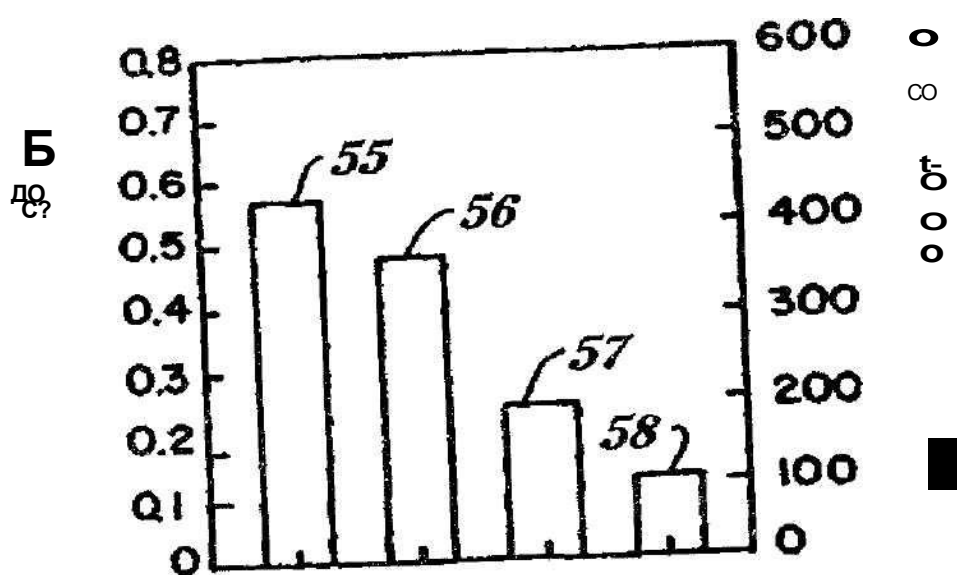
. 6

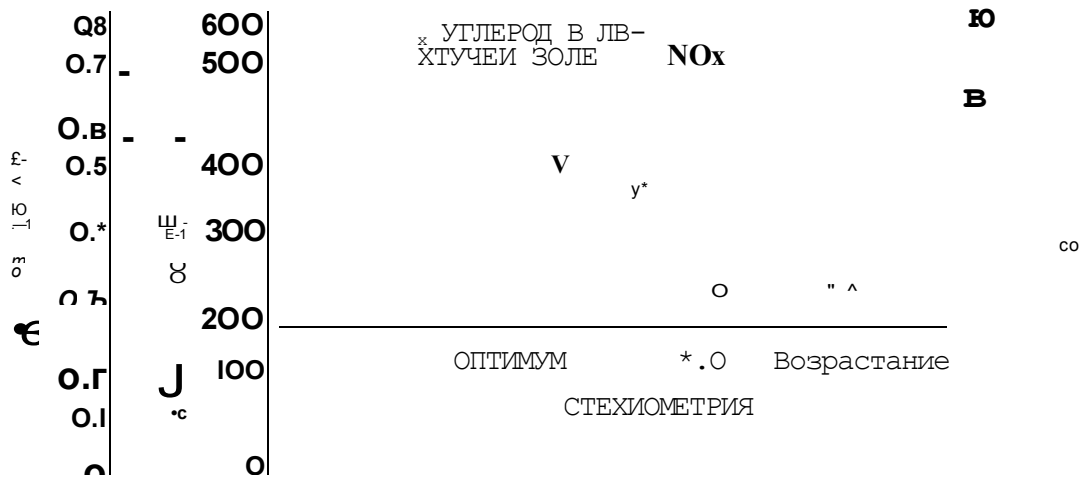


Фиг. 7

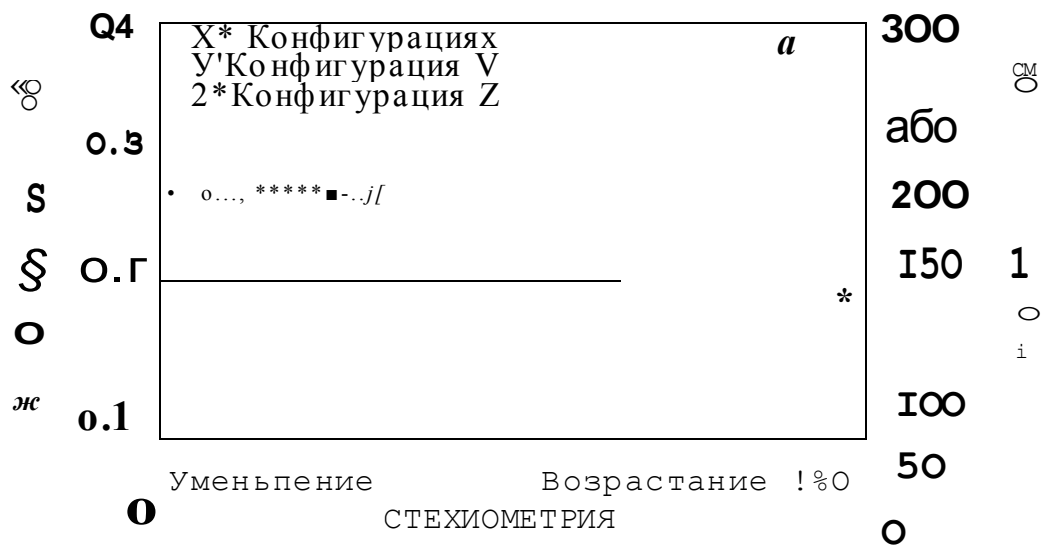


о

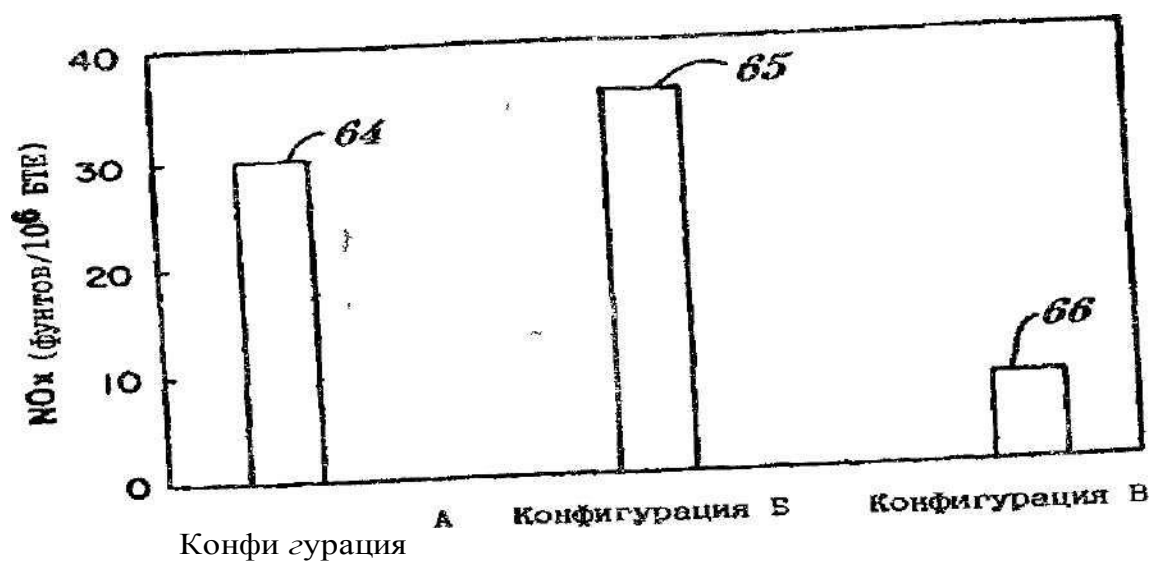




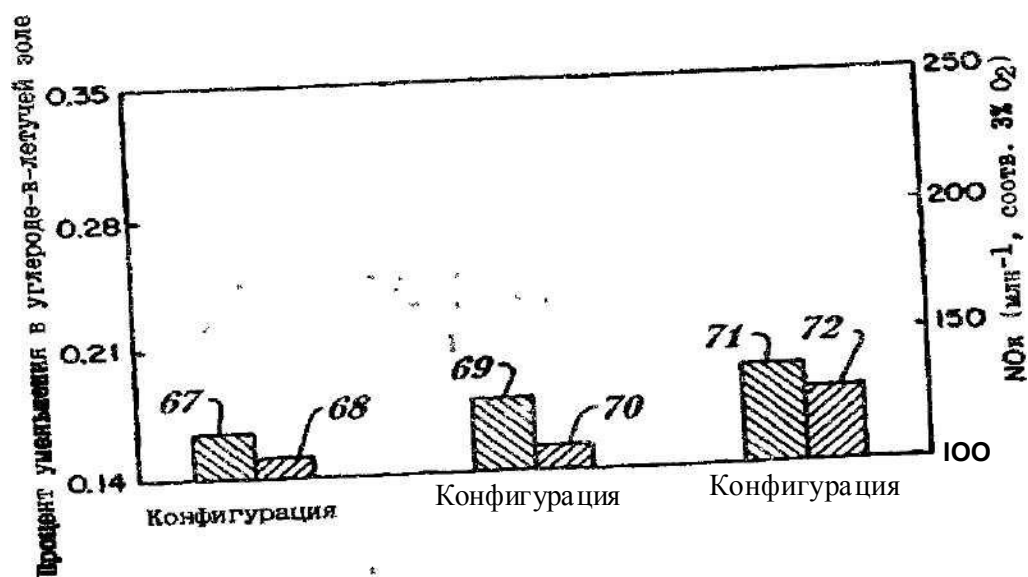
Фиг. 10



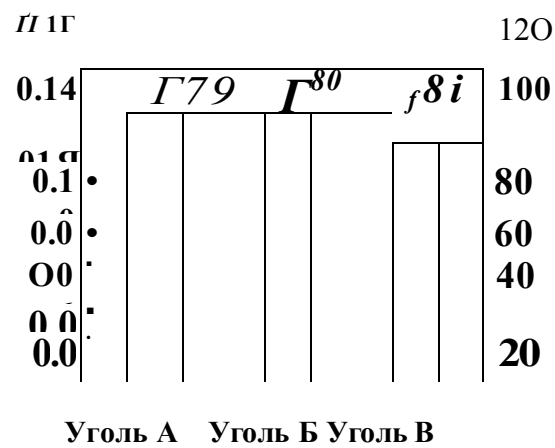
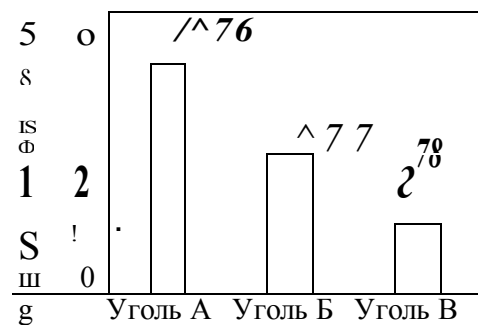
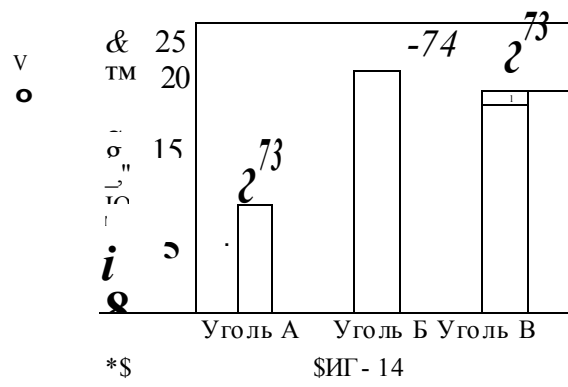
Фиг. 11



Фиг. 12

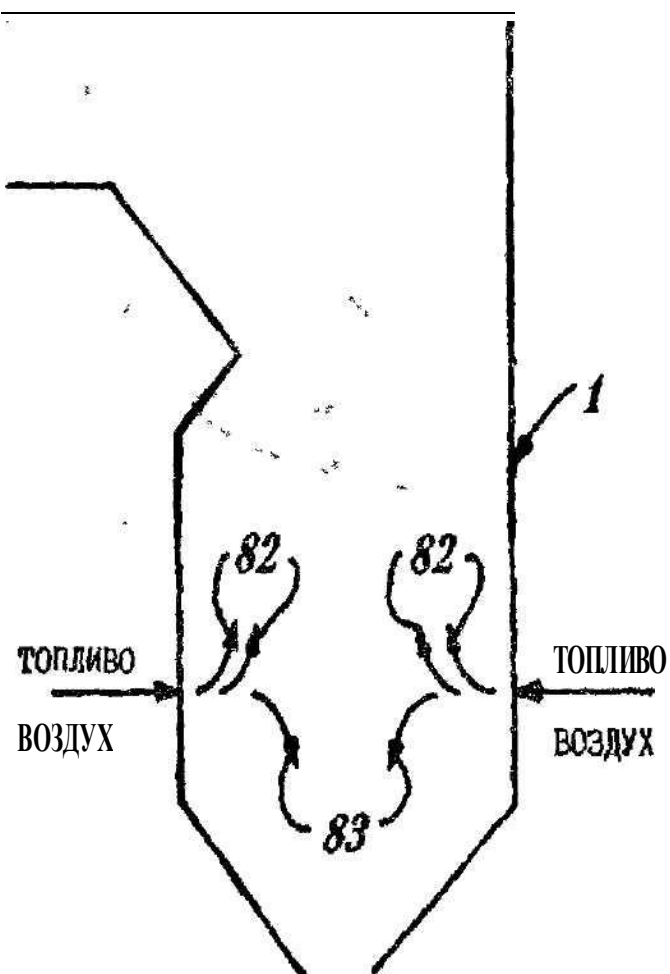


Фиг. 13

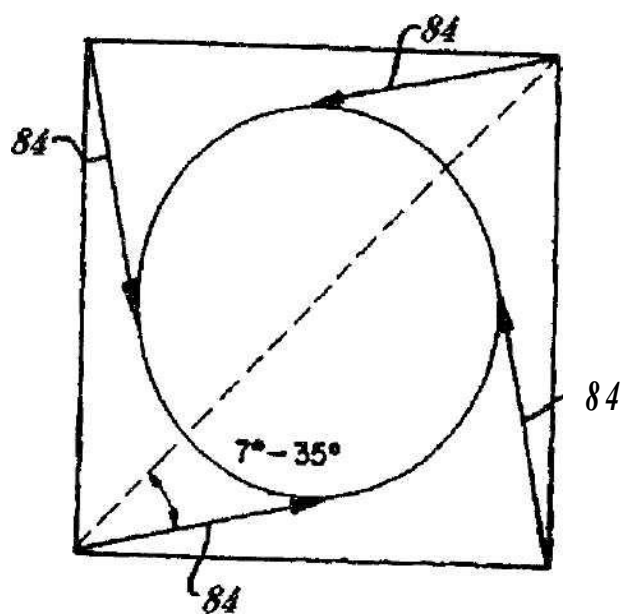


Фиг. 16

0 0

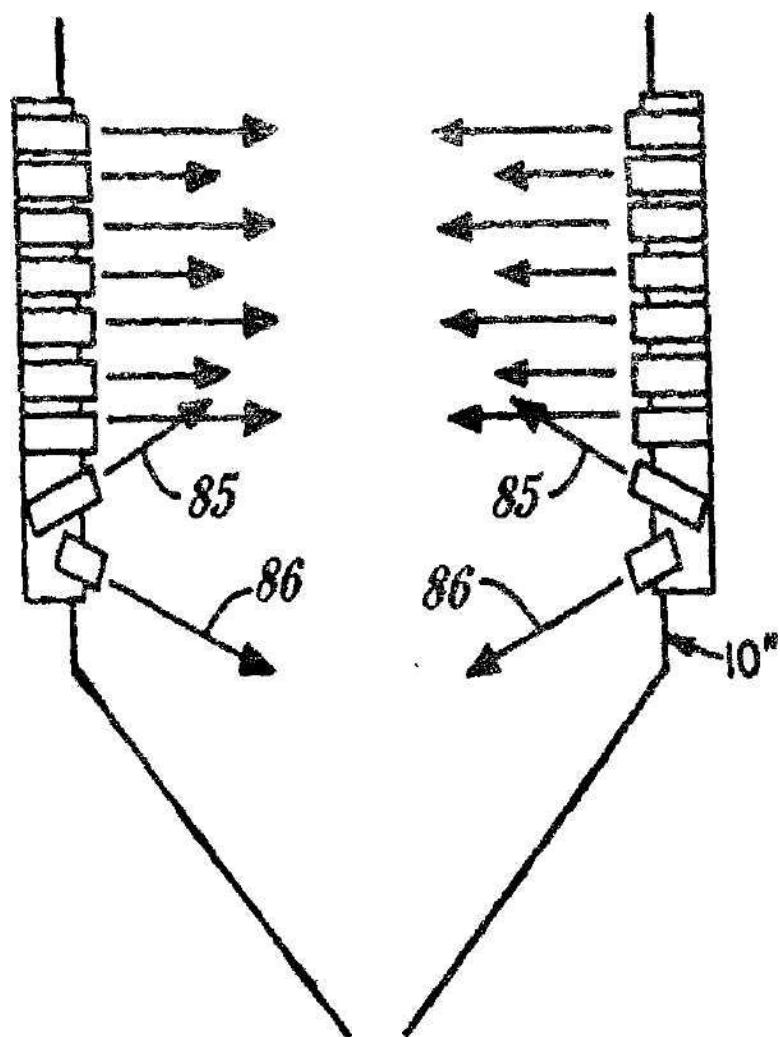


Фг.17



Фиг. 18





---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Бульв. Лесі Українки, 26, Київ, 01133, Україна  
(044) 254-42-30, 295-61-97

---

Підписа\_нодо друку /<\$ /-V 2001 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг c/oJ> обл.-вид.арк. Тираж 50 прим Зам 3 9£

УкрІНТЕІ  
Вул. Горького, 180, Київ, 03680 МСП, Україна  
(044) 268-25-22

---