



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*F23L 15/04 (2021.05)*

(21)(22) Заявка: 2021106636, 15.03.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.03.2021

Дата регистрации:  
04.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.03.2021

(45) Опубликовано: 04.10.2021 Бюл. № 28

Адрес для переписки:  
163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины,  
17, Давидович Марина Васильевна

(72) Автор(ы):

Леухин Юрий Леонидович (RU),  
Алексеев Павел Денисович (RU),  
Панкратов Евгений Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Северный (Арктический)  
федеральный университет имени М. В.  
Ломоносова» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2682214 C1, 15.03.2019. SU  
1765625 A1, 30.09.1992. SU 1267109 A1,  
30.10.1986. JP 7208708 A, 11.08.1995. SU 1437618  
A2, 15.11.1988.

(54) Рекуперативно-горелочный блок

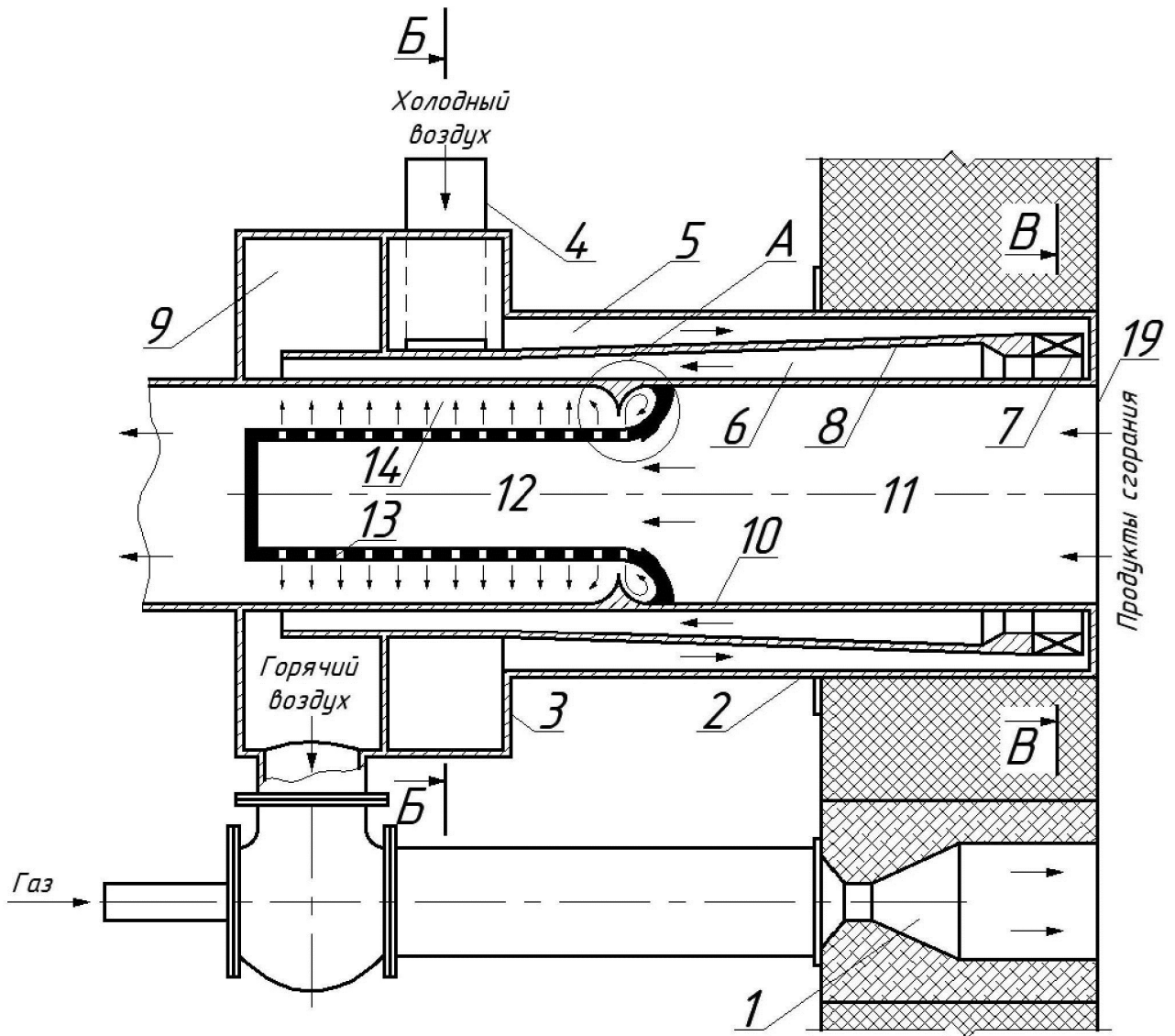
(57) Реферат:

Изобретение относится к области энергетики. Рекуперативно-горелочный блок содержит горелку и рекуператор с узлом подвода воздуха, включающий генератор закрутки потока с тангенциальным патрубком подачи воздуха, прямого и обратного кольцевых воздушных каналов, соединяющихся через завихритель, последовательно подключенных к генератору закрутки потока и разделенных перегородкой, при этом обратный канал подключен к воздушному коллектору, соединенному с горелкой, цилиндрическую теплопередающую стенку, дымовой канал с радиационной и

конвективной ступенями, причем последняя содержит заглушенную с заднего торца перфорированную трубу. Входная часть перфорированной трубы выполнена в форме внутренней четверти тора, на внешней поверхности которой установлены выступы, а на внутренней поверхности цилиндрической теплопередающей стенки расположен кольцевой рассекающий поток. Изобретение позволяет увеличить конечную температуру нагреваемого воздуха и обеспечить повышение тепловой эффективности предлагаемого устройства. 5 ил.

RU 2 756 713 C1

RU 2 756 713 C1



Фиг. 1

RU 2756713 C1

RU 2756713 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F23L 15/04 (2021.05)*

(21)(22) Application: **2021106636, 15.03.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**15.03.2021**

Registration date:  
**04.10.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **15.03.2021**

(45) Date of publication: **04.10.2021** Bull. № 28

Mail address:

**163002, g. Arkhangelsk, nab. Severnoj Dviny, 17,  
Davidovich Marina Vasilevna**

(72) Inventor(s):

**Leukhin Iurii Leonidovich (RU),  
Alekseev Pavel Denisovich (RU),  
Pankratov Evgenii Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Severnyi (Arkticheskii) federalnyi  
universitet imeni M. V. Lomonosova» (RU)**

(54) **RECUPERATIVE BURNER BLOCK**

(57) Abstract:

FIELD: energy.

SUBSTANCE: invention relates to the field of energy. The recuperative-burner block contains a burner and a recuperator with an air supply unit, which includes a flow swirl generator with a tangential air supply pipe, forward and reverse annular air ducts connected through a swirler, serially connected to the flow swirl generator and separated by a partition, while the return duct is connected to the air manifold connected to the burner, a cylindrical heat-transferring wall, a smoke channel with radiation and convective stages, the latter

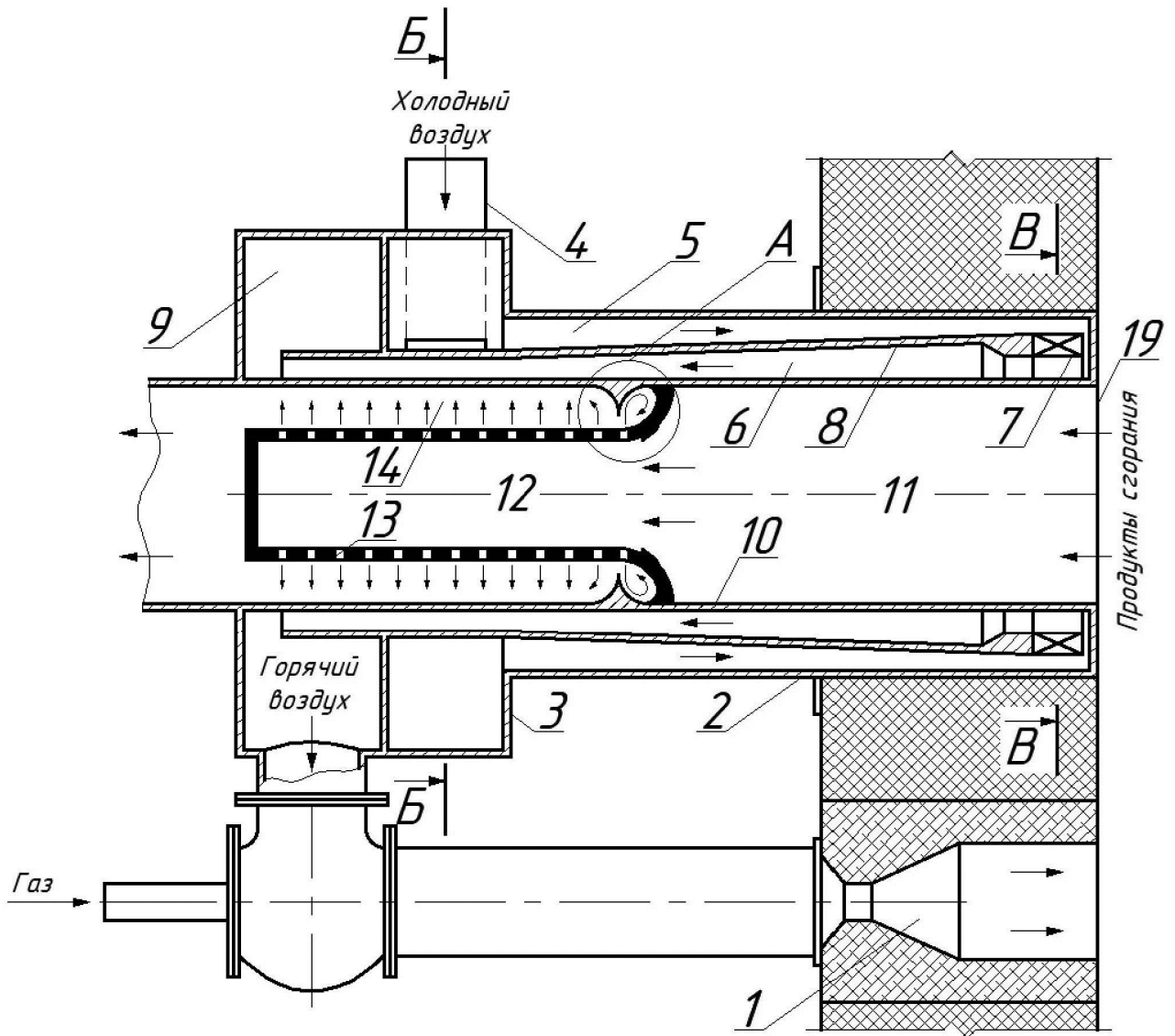
containing a perforated pipe plugged from the rear end. The inlet part of the perforated pipe is made in the form of an inner quarter of a torus, on the outer surface of which there are protrusions, and on the inner surface of the cylindrical heat-transferring wall there is an annular flow divider.

EFFECT: invention makes it possible to increase the final temperature of the heated air and to increase the thermal efficiency of the proposed device.

1 cl, 5 dwg

**RU 2 756 713 C1**

**RU 2 756 713 C1**



Фиг. 1

RU 2756713 C1

RU 2756713 C1

Изобретение относится к рекуперативным устройствам отопления газовых печей и может быть использовано для высокотемпературного подогрева воздуха, используемого для сжигания топлива в нагревательных и термических печах.

Известен рекуперативно-горелочный блок, содержащий горелку и рекуператор, размещенные вблизи друг друга в кладке печи, где подводящий воздух узел, содержащий генератор закрутки с тангенциально установленным патрубком, подключен последовательно к прямому (внутреннему) и обратному (внешнему) воздушным кольцевым каналам, разделенным цилиндрической перегородкой, а дымовой канал, расположенный соосно воздушным кольцевым каналам и отделенный от внутреннего прямого канала цилиндрической теплопередающей стенкой, содержит радиационную и конвективную ступени, причем последняя содержит перфорированную трубу, заглушенную с одного торца (Сабуров Э.Н. Циклонные нагревательные устройства с интенсифицированным конвективным теплообменом / Арх. Гос. техн. ун-т. - Архангельск: Сев. - Зап. кн. изд-во, 1995. - 341 с.) - аналог.

Недостатком данного рекуперативно-горелочного блока является его низкая тепловая эффективность.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является рекуперативно-горелочный блок, имеющий горелку и рекуператор, с подводящим в рекуператор воздух узлом, содержащим генератор закрутки с тангенциальным патрубком подачи воздуха, прямого и обратного кольцевых воздушных каналов, последовательно подключенных к генератору закрутки и разделенных перегородкой, при этом обратный канал подключен к воздушному коллектору, соединенному с горелкой, дымовой канал, расположенный соосно с кольцевыми воздушными каналами, и цилиндрическую теплопередающую стенку, последняя расположена между дымовым и обратным воздушным каналами, прямой и обратный каналы соединяются через завихритель, а разделяющая их перегородка выполнена в виде усеченного конуса, расширяющегося в направлении входного отверстия дымового канала (Патент РФ на изобретение № 2682214, МПК F23L 15/04 (2006.1) от 11.07.2018. Опубл. 15.03.2019 Бюл. №8) - прототип.

Недостатком данного рекуперативно-горелочного блока является его низкая тепловая эффективность из-за того, что в передней части конвективной ступени наблюдается слабая интенсивность теплоотдачи от дымовых газов к теплопередающей цилиндрической стенке.

Задача изобретения - повышение тепловой эффективности рекуперативно-горелочного блока.

Для достижения этого в рекуперативно-горелочном блоке, имеющем горелку и рекуператор, с подводящим в рекуператор воздух узлом, содержащим генератор закрутки с тангенциальным патрубком подачи воздуха, соединяющихся через завихритель прямого и обратного кольцевых воздушных каналов, последовательно подключенных к генератору закрутки и разделенных перегородкой, при этом обратный канал подключен к воздушному коллектору, соединенному с горелкой, цилиндрическую теплопередающую стенку, дымовой канал с радиационной и конвективной ступенями, причем последняя содержит заглушенную с заднего торца перфорированную трубу, входная часть которой выполнена в форме внутренней четверти тора, а на ее внешней поверхности установлены выступы, кольцевой рассекатель потока, расположенный на внутренней поверхности цилиндрической теплопередающей стенки.

На фиг. 1 изображен рекуперативно-горелочного блок, продольный разрез; на фиг. 2 - выноска А на фиг. 1; на фиг. 3 - сечение Б-Б на фиг. 1; на фиг. 4 - сечение В-В на фиг. 1;

на фиг. 5 показаны графики, характеризующие последовательное влияние различных конструктивных элементов на изменение коэффициента теплоотдачи по длине части теплопередающей цилиндрической стенки, расположенной в начале конвективной ступени, в направлениях движения потока дымовых газов: линия 20 - для конвективной ступени конструкции прототипа, линия 21 - для конвективной ступени, входная часть которой выполнена в форме внутренней четверти тора, линия 22 - для конвективной ступени, входная часть которой выполнена в форме внутренней четверти тора, а на внешней ее поверхности установлены выступы, линия 23 - для конвективной ступени, входная часть которой выполнена в форме внутренней четверти тора, с выступами на ее поверхности, а на внутренней поверхности теплопередающей стенки расположен кольцевой рассекатель потока.

На фиг. 5 используются обозначения:  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи для случаев исполнения конвективной ступени в предлагаемых конструктивных вариантах;  $z$  - продольная координата, отсчитываемая от начала конвективной ступени по направлению движения потока дымовых газов.

Рекуперативно-горелочный блок включает горелку 1 и рекуператор 2, с узлом подвода воздуха в рекуператор, содержащий генератор 3 закрутки потока с патрубком 4 подачи воздуха, расположенным тангенциально по отношению к внутренней поверхности генератора 3 закрутки потока, к которому последовательно подключены прямой 5 и обратный 6 кольцевые воздушные каналы, соединяющиеся через завихритель 7 и разделенные перегородкой 8, причем обратный канал 6 подключен с противоположной стороны к воздушному коллектору 9, соединенному с горелкой 1, а дымовой канал, расположенный соосно с кольцевыми воздушными каналами 5 и 6, имеет цилиндрическую теплопередающую стенку 10, радиационную 11 и конвективную 12 ступени, при этом последняя содержит заглушенную с заднего торца перфорированную трубу 13, образующую кольцевой канал 14 с теплопередающей стенкой 10, причем передний торец перфорированной трубы 15 выполнен в форме внутренней четверти тора, с выступами 16 на его поверхности, а на внутренней поверхности теплопередающей стенки 10 расположен кольцевой рассекатель потока 17, отделяющего переднюю часть кольцевого канала 14 и образующего совокупность вихревых камер 18.

Рекуперативно-горелочный блок работает следующим образом.

Воздух, подводимый к рекуператору через патрубок 4 тангенциально внутренней поверхности генератора закрутки 3, закручивается, проходит прямой воздушный кольцевой канал 5 и нагревается от его внутренней поверхности - разделяющей воздушные каналы перегородки 8. После чего воздух поворачивается на  $180^{\circ}$ , закручивается в завихрителе 7 и через обратный кольцевой канал 6 и воздушный коллектор 9 направляется в горелку 1. При этом воздух в канале 6 нагревается от цилиндрической теплопередающей стенки 10 и перегородки 8. Через входное отверстие 19 отработанные продукты сгорания с высокой температурой поступают сначала в радиационную ступень 11 дымового канала, а затем с более низкой температурой в конвективную ступень 12. В радиационной ступени 11 дымовые газы передают теплоту теплопередающей цилиндрической стенке 10 преимущественно за счет излучения, а в конвективной ступени 12 - за счет конвекции от закрученного потока дымовых газов, подаваемых в вихревые камеры 18 через первый ряд отверстий, и струйного их истечения из остальных рядов перфорированной трубы 13 на цилиндрическую теплопередающую стенку 10. Охлажденные дымовые газы удаляются из конвективной ступени по кольцевому каналу 14. Теплопередающая стенка передает часть полученной от дымовых

газов теплоты излучением перегородке 8, разделяющей воздушные каналы, и нагревает ее.

В соответствии с представленными на фиг.5 графиком 20, при входе дымовых газов в перфорированную трубу 13 конструкции прототипа, от его входной кромки происходит образование протяженной отрывной зоны, величина давления в которой ниже, чем в кольцевом канале 14. Это приводит к образованию возвратного течения из кольцевого канала 14 обратно в перфорированную трубу 13 через первый ряд отверстий. В кольцевом канале 14 напротив первого ряда отверстий существует застойная зона, а интенсивность теплоотдачи к цилиндрической теплопередающей стенке 10 в этой области наиболее низкая.

При выполнении входной части перфорированной трубы в форме внутренней четверти тора наблюдается плавный вход дымовых газов в перфорированную трубу, ликвидируется зона отрыва потока, повышается давление дымовых газов в перфорированной трубе около первого ряда отверстий, возникает струйное истечение газов из перфорированной трубы в кольцевой канал 14 и коэффициент теплоотдачи на цилиндрической теплопередающей стенке 10 напротив первого ряда отверстий повышается в 3...3,5 раза (линия 21).

Установка выступов 16 перед отверстиями первого ряда уменьшает кинетическую энергию потока дымовых газов у первого ряда отверстий, за счет этого повышается его давление за выступами, улучшается проточность дымовых газов через первый ряд отверстий, увеличивается скорость истечения струй на цилиндрическую теплопередающую стенку 10. Коэффициент теплоотдачи на ее поверхности в области воздействия первого ряда струй увеличивается по сравнению с прототипом от 3,5 до 10 раз (линия 22).

При установке на внутренней поверхности цилиндрической теплопередающей стенки в конвективной ступени кольцевого рассекателя потока, отделяющего переднюю часть кольцевого канала 14, образуется совокупность вихревых камер 18. Закручивание дымовых газов приводит к дополнительной интенсификации теплоотдачи на поверхности. В результате по сравнению с прототипом коэффициент теплоотдачи увеличивается здесь от 5,5 до 13 раз (линия 23).

Представленные результаты получены авторами при численном моделировании аэродинамики и теплоотдачи в конвективной ступени рекуперативно-горелочного блока тепловой мощностью 140 кВт в трехмерной постановке с использованием программного комплекса ANSYS Fluent 15.0. Тестирование методики расчетов выполнено по опытным данным, полученным при струйном течении теплоносителя в модульном рекуператоре (Сабуров Э.Н., Осташев С.И., Орехов А.Н., Леухин Ю.Л. и др. Исследование аэродинамики и конвективного теплообмена на натурной модели струйного модульного рекуператора // Промышленная энергетика. 1988. № 6. - С. 33–37). Сопоставление расчетов и экспериментов показало их хорошее совпадение.

При выполнении входной части перфорированной трубы в форме внутренней четверти тора и установке плавных выступов перед отверстиями первого ряда, улучшается проточность дымовых газов через первый ряд отверстий, увеличивается скорость натекания струй на цилиндрическую теплопередающую стенку. Установка на внутренней поверхности последней в конвективной ступени кольцевого рассекателя потока, отделяет переднюю часть кольцевого дымового канала и образует совокупность вихревых камер, в которых происходит закручивание потока дымовых газов. Увеличение скорости натекания струй дымовых газов, а также закрутка потока приводят к значительной интенсификации теплоотдачи на цилиндрической теплопередающей

поверхности. Все перечисленные мероприятия обеспечат увеличение коэффициента теплопередачи от дымовых газов к нагреваемому воздуху, более высокую конечную температуру нагреваемого воздуха и приведут к повышению тепловой эффективности предлагаемого устройства.

5

(57) Формула изобретения

Рекуперативно-горелочный блок, содержащий горелку и рекуператор с узлом подвода воздуха, включающий генератор закрутки потока с тангенциальным патрубком подачи воздуха, прямого и обратного кольцевых воздушных каналов, соединяющихся через  
10 завихритель, последовательно подключенных к генератору закрутки потока и разделенных перегородкой, при этом обратный канал подключен к воздушному коллектору, соединенному с горелкой, цилиндрическую теплопередающую стенку, дымовой канал с радиационной и конвективной ступенями, причем последняя содержит  
15 заглушенную с заднего торца перфорированную трубу, отличающийся тем, что входная часть перфорированной трубы выполнена в форме внутренней четверти тора, на внешней поверхности которой установлены выступы, а на внутренней поверхности цилиндрической теплопередающей стенки расположен кольцевой рассекаТЕЛЬ потока.

20

25

30

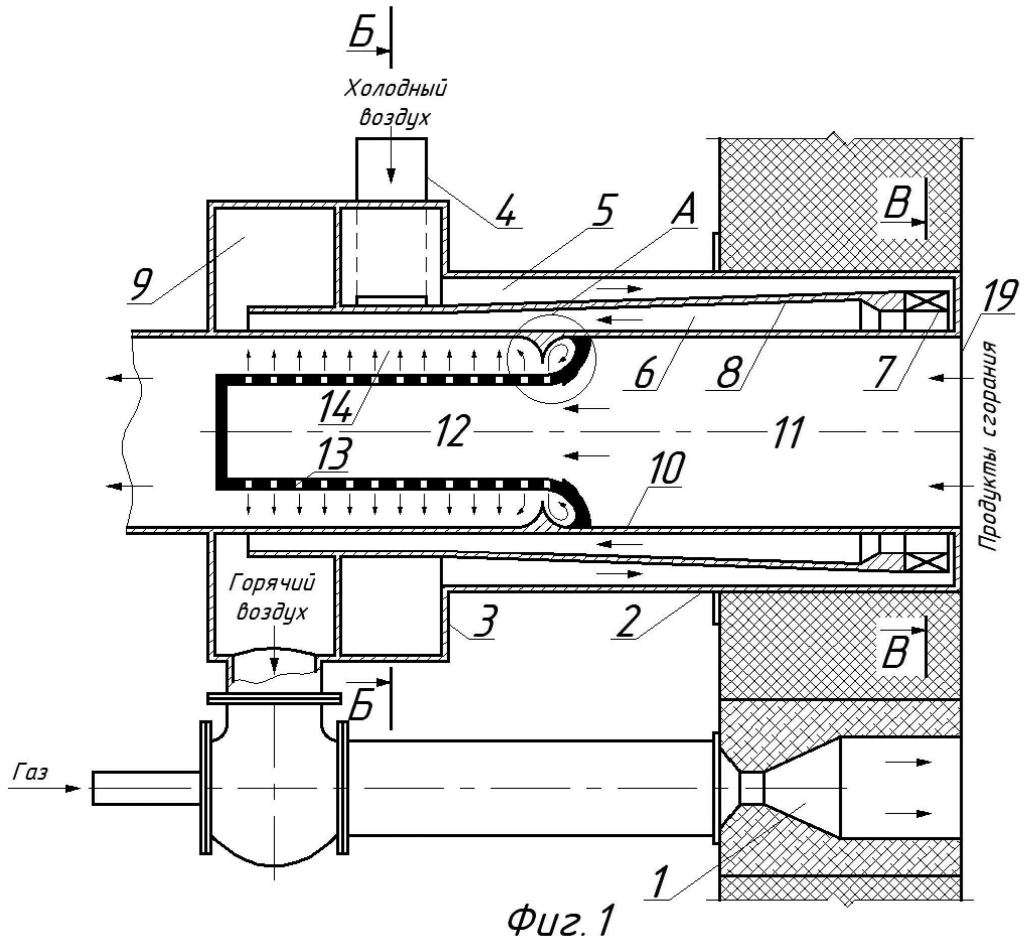
35

40

45

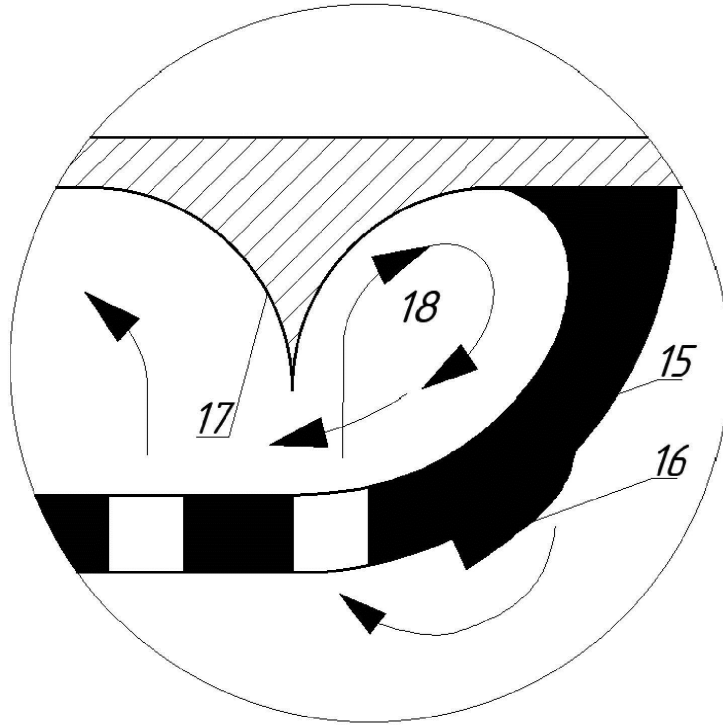


1

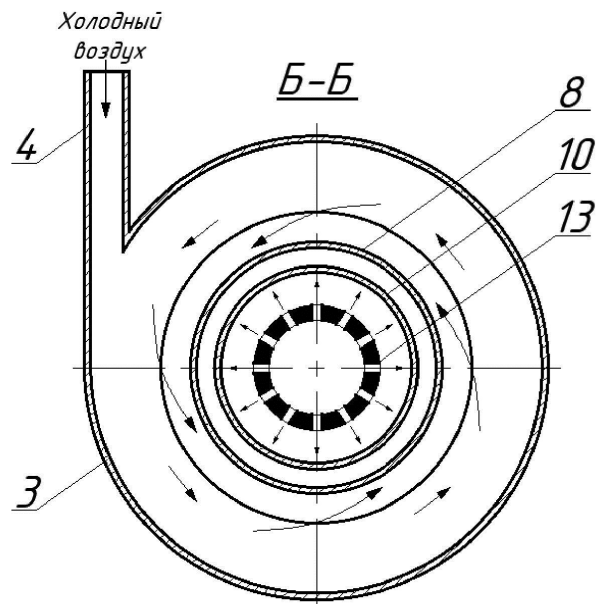


2

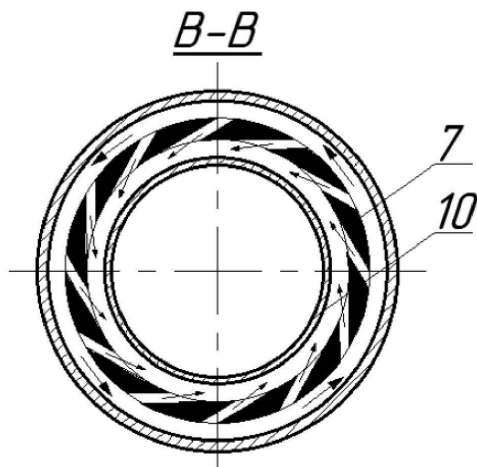
A



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

