



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F28D 19/045 (2020.01)

(21)(22) Заявка: 2019121033, 05.07.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.07.2019

Дата регистрации:
13.03.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.07.2019

(45) Опубликовано: 13.03.2020 Бюл. № 8

Адрес для переписки:
125438, Москва, ул. Автомоторная, 2, ФГУП
"НАМИ"

(72) Автор(ы):
Костюков Андрей Вениаминович (RU),
Надарейшвили Гиви Гурамович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное унитарное
предприятие "Центральный ордена
Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский автомобильный
и автомоторный институт "НАМИ" (ФГУП
"НАМИ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2623133 C1, 22.06.2017. RU
2119127 C1, 20.09.1998. EP 2177855 A1,
21.04.2010. CN 102767981 B, 29. 06.2016. EP
2199724 A1, 23.06.2010. CN 101080606 B,
11.08.2010.

(54) Силиконовые уплотнения высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника

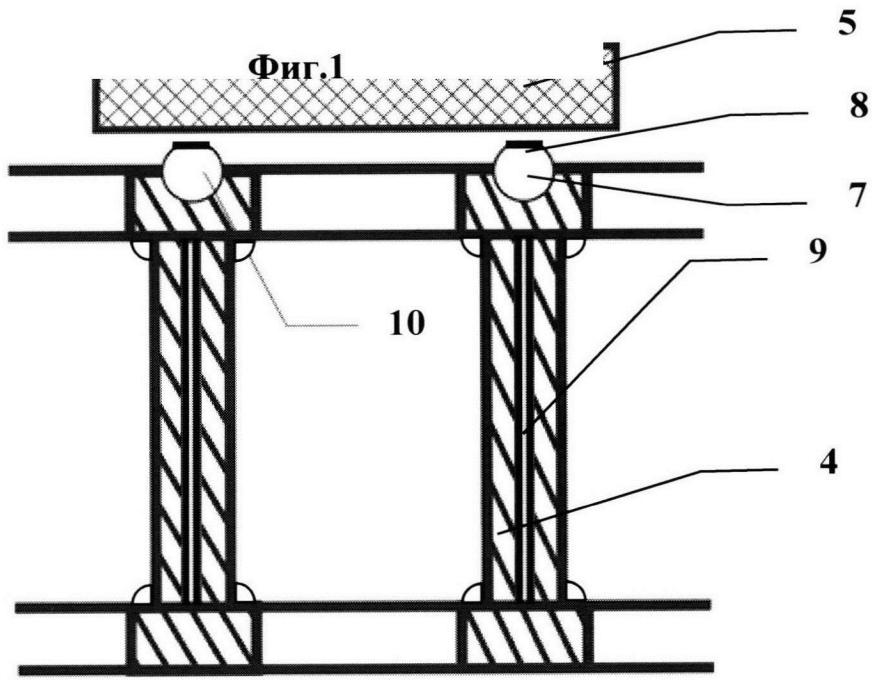
(57) Реферат:

Изобретение относится к области теплотехники и может быть использовано в регенеративных вращающихся дисковых теплообменниках. Во вращающемся дисковом теплообменнике в роторе для компенсации неизбежных термических деформаций дополнительно установлены упругие силиконовые уплотнения с покрытием из силицированного пирографита, размещенные на внешней поверхности дисков по проекции зазоров

между шестигранными стаканами, причем ширина в окружном направлении лабиринтных уплотнений в корпусе больше любого размера шестигранной ячейки в этом же направлении, а скорость взаимного движения уплотнений больше скорости спутного потока перетечек в зазоре между ними. Технический результат - повышение работоспособности высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника. 4 ил.

RU 2 716 640 C1

RU 2 716 640 C1



Фиг.1

RU 2716640 C1

RU 2716640 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F28D 19/045 (2020.01)

(21)(22) Application: **2019121033, 05.07.2019**

(24) Effective date for property rights:
05.07.2019

Registration date:
13.03.2020

Priority:

(22) Date of filing: **05.07.2019**

(45) Date of publication: **13.03.2020** Bull. № 8

Mail address:

**125438, Moskva, ul. Avtomotornaya, 2, FGUP
"NAMI"**

(72) Inventor(s):

**Kostyukov Andrej Veniaminovich (RU),
Nadarejshvili Givi Guramovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Tsentralnyj ordena Trudovogo
Krasnogo Znameni nauchno-issledovatel'skij
avtomobilnyj i avtomotornyj institut "NAMI"
(FGUP "NAMI") (RU)**

(54) **SILICONE SEALS OF HIGH-TEMPERATURE ROTARY DISC HEAT EXCHANGER**

(57) Abstract:

FIELD: heating equipment.

SUBSTANCE: invention relates to heat engineering and can be used in regenerative rotating disc heat exchangers. In rotary disc heat exchanger in rotor to compensate for unavoidable thermal deformations there additionally are elastic silicone seals with siliconized pyrographite coating arranged on outer surface of discs on projection of gaps between hexagonal cups, wherein

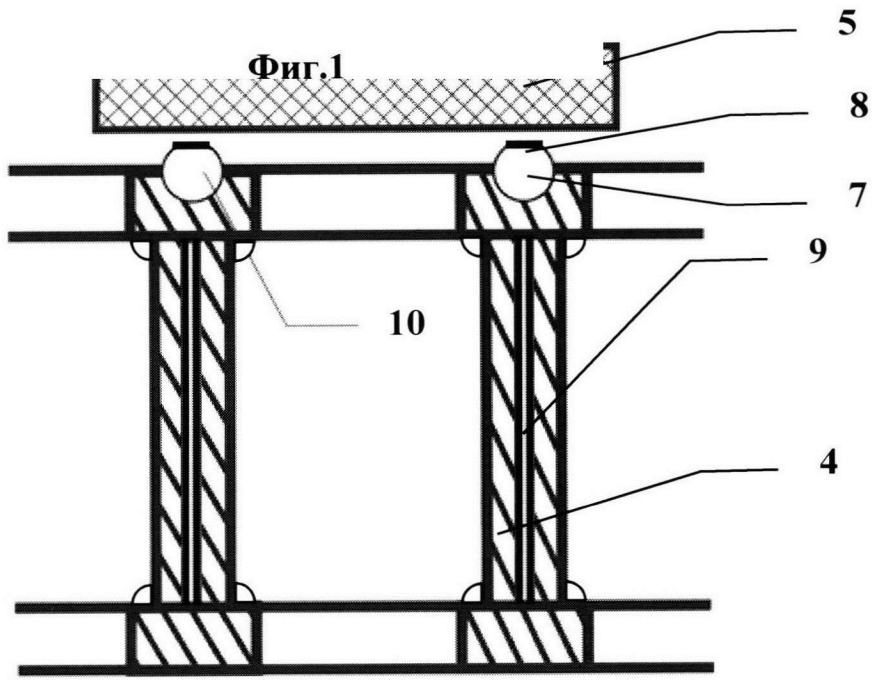
width in circumferential direction of labyrinth seals in housing is more than any size of hexagonal cell in same direction, and speed of mutual movement of seals is greater than rate of spurious flow of spills in gap between them.

EFFECT: higher efficiency of high-temperature rotary disk heat exchanger.

1 cl, 4 dwg

RU 2 716 640 C1

RU 2 716 640 C1



Фиг.1

RU 2716640 C1

RU 2716640 C1

Область применения: теплоэнергетическое машиностроение, преимущественно, для газотурбинных установок, например, микротурбин, преимущественно в составе гибридной силовой установки для генерирования электрического тока. Сущность изобретения: предложены силиконовые уплотнения высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника и способ их работы для компенсации и предотвращения тепловых деформаций каркаса вращающегося дискового теплообменника путем изготовления ячеистой структуры каркаса теплообменника, где ячейки выполнены в виде отдельных стаканов, а диски теплообменника выполнены из материалов, имеющих разные коэффициенты температурного расширения, и дополнительные силиконовые уплотнения.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. патент РФ №2005960, заявитель Производственное объединение «ГАЗ» (Горьковский автомобильный завод), Конвенционный приоритет 26.05.1992 RU 92 5055034.

Основным недостатком известного теплообменника для предотвращения и компенсации деформации высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе заключается в использовании каркаса с разной жесткостью и теплоемкостью, при этом авторы утверждают, что это должно привести к сближению температур холодного и горячего торцевых дисков. Это утверждение спорное, так как ступенчатая конструкция корпуса и коническая форма теплопередающих элементов не может гарантировать необходимый для выравнивания температур теплообмен от газа к воздуху через промежуточный твердый теплоноситель каркаса теплопередающих элементов, потому что его теплоемкость и интенсивность передачи не может гарантировать охлаждение газа и подогрев воздуха до одинаковой или близкой по значению температуры, потому что при этом падает разность температур между газом, воздухом и промежуточным твердым теплоносителем и эффективность выравнивания их температур на торцевых дисках во времени быстро динамически снижается и соответственно изменения формы каркаса и придания ему за счет тепловых деформаций грибообразной формы избежать невозможно.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый

теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой
5 через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. авторское свидетельство СССР №1345015, авторы Л.Я. Еременко и В.И. Гришин, опубл. 15.10.87).

Основным недостатком известного теплообменника для компенсации деформации
10 высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе заключается в создании возможности адаптации разделительных рабочих уплотнений к грибообразной форме каркаса вращающегося дискового регенератора радиальных уплотнений разделителя потоков газа и воздуха, что является мало эффективным даже при попытке автоматической адаптации из-за износа уплотнений и грибообразно
15 деформированной в рабочем состоянии поверхности горячего и холодного дисков.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в
20 корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным
25 патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. авторское свидетельство СССР №580410, авторы изобретения В.И. Гришин,
30 В.С. Назаренко, Т.С.Добряков, С.Я. Михайлов и Е.И. Носков, опубл. 03.11.77).

Основным недостатком известного теплообменника для компенсации деформации высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе
35 заключается в создании возможности адаптации разделительных рабочих уплотнений к грибообразной форме каркаса вращающегося дискового регенератора для боковых уплотнений разделителя потоков газа и воздуха, что является мало эффективным из-за быстрого износа уплотнений и боковой поверхности каркаса, горячего и холодного дисков в их рабочем деформированном состоянии.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным
40 газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый
45 теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой

через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. авторское свидетельство СССР №208162, заявитель Подольский машиностроительный завод им. Серго Орджоникидзе, опубл. 29.12.67).

5 Основным недостатком известного теплообменника для компенсации деформации высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе заключается в создании возможности адаптации к грибообразной форме деформированного под воздействием температур каркаса вращающегося дискового регенератора и адаптивного механизма управления разделительными рабочими
10 радиальными уплотнениями разделителя потоков газа и воздуха, что является мало эффективным из-за постоянного износа уплотнений и поверхности горячего и холодного дисков в деформированном рабочем состоянии вне зависимости от формы теплообменника и уплотнений к нему из-за их термической деформации.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий
15 корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного
20 воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой
25 через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. патент РФ №RU 2441188, заявитель БАЛКЕ-ДЮПП ГМБХ (DE), опубл. 27.01.2012.).

Основным недостатком известного теплообменника и компенсации его
30 грибообразной деформации при работе высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе заключается в сложной последовательности действий и сложном механизме управления ими при попытке создания бесконтактного уплотнения и поддержания оптимального зазора в уплотнении при помощи управляемых по температуре сложных стержневых механизмов, расположенных по всем поверхностям
35 уплотнений.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий
40 из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным
45 патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на

корпусе, (см. авторское свидетельство на изобретение СССР № SU 613193 A1, авторы Маркман Яков Абрамович, Геращенко Борис Авксентьевич, Бородинский Моисей Евсеевич, Ушаков Иван Кириллович, Вайнштейн Леонид Петрович, опубл. 27.10.2011.)

Основным недостатком известного теплообменника для компенсации грибообразной деформации высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника и используемого следящего механизма поддержания зазоров в уплотнениях при его работе заключается в сложной последовательности действий при попытке создания почти бесконтактного уплотнения и поддержания оптимального минимального зазора по всей длине уплотнений при помощи управляемых по температуре сложных настраиваемых следящих механизмов, расположенных по всем поверхностям уплотнений, что не позволяет достичь оптимального минимального зазора по всей длине уплотнений из-за постоянного неравномерного износа плит уплотнений в грибообразном деформированном рабочем состоянии каркаса, износа составляющих следящий механизм роликов и кулачков и это соответственно, что приведет к не контролируемому контакту уплотнений и нарушению работы уплотнений при тепловой деформации ротора.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. патент на изобретение РФ №2432540, заявитель БАЛКЕ-ДЮОРР ГМБХ (DE), опубл. 27.10.2011.)

Основным недостатком известного теплообменника для компенсации деформации высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе заключается в сложной последовательности действий при попытке создания бесконтактного уплотнения и поддержания удаляемого расхода перетекающих составляющих воздушного и газового потоков через оптимальный зазор в уплотнении при помощи отсасывания воздуха и/или газа составляющих утечки, в зоне расположенных по всем поверхностям уплотнений, преимущественно в радиальном направлении, позволяющего стабилизировать распределение потоков воздуха и газа и их температур по поверхности каркаса, что должно уменьшить грибообразные деформации, но это проблематично.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый

теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой
5 через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. патент на изобретение РФ №RU 2119127 C1, заявитель Аппаратебау Ротемоле Брандт унд Критцлер ГмбХ (DE), опубл. 20.09.1998.)

Основным недостатком известного теплообменника для компенсации деформации
10 высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе заключается в сложной последовательности действий и регулируемых уплотнений при попытке создания бесконтактного уплотнения и поддержания разделения воздушной и газовых полостей через оптимальный зазор в уплотнении при помощи потока
15 разделительного газа, компенсирующего и предотвращающего перетечки воздуха и газа, при этом окружные и радиальные уплотнения образуют поверхности уплотнения, расположенные в общей плоскости и беззазорно переходящие друг в друга в местах стыка и с возможностью автоматического поддержания беззазорного контакта, и подачи запорного газа в зазоры уплотнений, позволяющих по мнению автора
стабилизировать распределение температур и постоянство зазоров по поверхности
20 каркаса, что в условиях термической грибообразной деформации каркаса приведет нарушению условий контакта и быстрому износу контактирующих поверхностей уплотнений и каркаса.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным
25 газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного
30 воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой
35 через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. авторское свидетельство СССР №881517, заявитель Горьковский автомобильный завод (Производственное объединение "ГАЗ"), опубл. 15.11.1981).

Основным недостатком известного теплообменника для компенсации деформации высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника при его работе
40 заключается в том, что при возникновении термических деформаций (см. Фиг. 1 авторского свидетельства СССР №881517) ротора 6 его грибообразное коробление устраняется строгой фиксацией ротора 6 относительно корпуса 1 с помощью взаимодействия кольца 14 с кольцевой канавкой 13 через антифрикционные накладки 15. Таким образом по мнению заявителя устраняется перекос уплотняемых поверхностей
45 ротора 6, что исключает раскрытие зазоров между этими поверхностями и уплотнениями 9 и 10 и тем самым это уменьшает перетоки теплообмениваемых сред - воздуха и газа. Механическое выравнивание грибообразной формы теплопередающей поверхности каркаса ротора не может быть полностью компенсировано, например, вследствие

наличия технологических зазоров в соединениях, что приведет к перекосу и быстрому износу контактирующих поверхностей каркаса теплообменника, его уплотнений и соответственно нарушению работы уплотнений.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. авторское свидетельство СССР № SU 800579 A1, заявитель Горьковский автомобильный завод (Производственное объединение "ГАЗ"), опубл. 30.01.1981)

По утверждению заявителя выполнение на горячей стороне каркаса поперечных каналов, сообщенных входными отверстиями с воздушным подводящим патрубком, а выходными - с воздушным отводящим патрубком позволяет обеспечить охлаждение торца каркаса на горячей стороне, уменьшить коробление каркаса за счет выравнивания температуры поверхности каркаса и повысить надежность работы регенератора. Но при этом заявитель не учитывает возможность грибообразного коробления всего жесткого каркаса, состоящего из монолитных шестигранных ячеек, в которых установлены теплопередающие элементы в виде конических вставок, которые постоянно поочередно омываются с одной стороны разогреваемым ими холодным воздухом, а с другой - горячими газами, вследствие чего термические грибообразные деформации каркаса под их воздействием не смогут полностью компенсироваться меньшими деформациями охлаждаемого горячего диска. Но это недостаточно для устранения грибообразной формы каркаса и не позволит полностью устранить термическую грибообразную деформацию каркаса теплообменника, потому что неравномерный разогрев жесткого каркаса по длине каждого канала теплообменных ячеек с разной температурой с достижением разных температур на горячем и холодном их концах создаст разные величины радиального расширения жесткого каркаса, что приведет к появлению грибообразной термической деформации жесткого каркаса и приведет к быстрому износу уплотнений и контактирующих с ним поверхностей каркаса. Охлаждение горячего диска лишь частично может уменьшить грибообразность термической деформации жесткого каркаса.

Известен высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник, содержащий корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, содержащий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным

патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, (см. патент РФ № RU 2623133 C1, заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский политехнический университет" (RU), опубл. 27.01.2012.)

По утверждению заявителя выполнение на горячей стороне каркаса и вокруг теплообменных ячеек поперечных охлаждающих каналов, сообщенных входными отверстиями с воздушным подводным патрубком, а выходными - с воздушным отводящим патрубком позволяет обеспечить охлаждение торца каркаса на горячей стороне и каркаса с теплообменными ячейками, уменьшить коробление каркаса за счет выравнивания температуры поверхности диска и ячеек каркаса и повысить надежность работы регенератора. Но при этом заявитель не учитывает возможность грибообразного коробления всего жесткого каркаса, состоящего из монолитных шестигранных ячеек, в которых установлены теплопередающие элементы в виде вставок, которые постоянно омываются с одной стороны разогреваемым ими холодным воздухом, а с другой - горячими газами и при этом теплообменные ячейки в виде теплопередающих пакетов жестко связаны со стенками каркаса и не имеют тепловой изоляции от охлаждаемых каналов, вследствие чего термические деформации каркаса и его постоянный подогрев от теплообменных ячеек под таким их воздействием не смогут компенсироваться меньшими деформациями охлаждаемого горячего диска и стенок ячеек каркаса, а охлаждение не сможет поддерживать каркас в недеформированном состоянии его цилиндрической формы, так как внешние стенки ячеек каркаса не теплоизолированы от их внутренней части и жестко с ней связаны, по этой причине реальное состояние и деформации каркаса определяются нагревом от тепла теплопередающих пакетов и их механического деформационного воздействия на каркас и деформации каркаса из-за неравномерного радиального распределения температур по несущим конструкциям каркаса.

Наиболее близким техническим решением является устройство вращающегося дискового регенератора, по патенту РФ №RU 2623133 C1, который наиболее близок предлагаемому изобретению по решаемой задаче и имеет наибольшее число действий, совпадающих с действиями по предлагаемому изобретению.

Технической задачей предполагаемого изобретения является повышения работоспособности высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника путем предотвращения деформации его цилиндрической формы под воздействием постоянно действующего и изменяющегося поля температур, воздействующего на вращающийся дисковый теплообменник, путем сохранения цилиндрической формы каркаса высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника, устранения возможности деформирующего воздействия на каркас неравномерно нагретых теплообменных ячеек и улучшения качества работы уплотнений путем установки дополнительных силиконовых уплотнений высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника.

При реализации последовательности действий, соответствующей работе теплообменника решается поставленная техническая задача и достигаются следующие, описанные ниже технические результаты.

Техническая задача решается тем, что технические результаты реализуются при работе теплообменника в следующей последовательности действий, позволяющих

предотвратить деформации формы высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника, который содержит корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, включающий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам соответствующим радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе.

Причем радиальное уплотнение обычно размещено в диаметральной плоскости сечения соответствующего диска между воздушным и газовым потоками, а окружное уплотнение ротора размещено по окружному периметру соответствующего диска и при этом радиальные и окружные уплотнения ротора на корпусе, выполнены лабиринтными. При необходимости по боковой поверхности ротора могут быть установлены дополнительные уплотнения, например, для разделения агрессивных сред и предотвращения их попадания во внутренние каналы каркаса ротора. Эти признаки почти полностью повторяют совокупность, свойства и достигаемые в прототипе при работе его теплообменника известные технические результаты, заключающиеся в снижении утечек и перетечек и в выравнивании поля температур по поверхностям горячего и холодного дисков, что может снизить экстремальные значения термических деформаций и повысить равномерность их распределения по указанным поверхностям. Повышение качества работы высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника достигается эффективной работой уплотнений и высоким качеством разделения потоков воздуха и газа. В первую очередь, вне зависимости от вида и конструкции уплотнений, их качество работы характеризуется стабильностью положения и отсутствием изменения формы уплотнений в этом процессе, который определяется во время эксплуатации постоянством рабочего зазора между корпусом и ротором, основной предпосылкой которого является постоянство формы ротора, которая не должна зависеть от изменения распределения поля температур по поверхности холодного и горячего торцевых дисков и теплового состояния каркаса и теплообменных ячеек.

Для уменьшения деформирующего воздействия перепадов температур на каркас и снижения величин его термических деформаций без необходимости создания сложных условий и конструкций для выравнивания и стабилизации поля температур по несущим элементам конструкции каркаса во время его работы необходимо изменить конструкцию каркаса и последовательность действий при его работе, приводящих к снижению деформаций формы каркаса. Это достигается за счет использования следующих отличительных признаков предложенного теплообменника.

1. Радиальные и окружные уплотнения ротора на корпусе, выполнены лабиринтными, что позволяет уменьшить возможность перетечек воздуха и газа между воздушным и газовым контурами при их противоточном движении и устранить их отрицательного влияние на тепловое состояние каркаса.

2. В роторе дополнительно установлены упругие силиконовые уплотнения с

покрытием из силицированного пирографита, размещенные на внешней поверхности дисков по проекции зазоров между шестигранными стаканами, причем ширина в окружном направлении лабиринтных уплотнений в корпусе больше любого размера шестигранной ячейки силиконового уплотнения в этом же направлении,

5 3. Холодный и горячий торцевые диски выполнены из материалов отношение коэффициентов линейного расширения которых обратно пропорциональным отношению приростов средних рабочих температур дисков, что позволяет устранить неравномерность теплового расширения дисков под действием разных рабочих температур.

10 4. Выполнение теплообменных ячеек в виде стаканов с внешними шестигранными поверхностями и с внутренними каналами и установка их между торцевыми дисками, по меньшей мере с одной точкой жесткого крепления на каждом диске, а, по меньшей мере, расположение каждых двух точек жесткого крепления стаканов на соседних дисках в диаметральной плоскости сечения их оснований стаканов, расположение этих
15 точек в радиальной и/или тангенциальной к ней плоскости сечения дисков, проходящей через ось симметрии каждого стакана.

5. Выбор зазора между стаканами из условия достижения возможности их свободного взаимного расширения при максимальной рабочей температуре позволяет исключить влияние неравномерного нагрева по длине канала и соответствующего неравномерного
20 линейного в радиальном направлении расширения стенок стакана, и исключить влияние из-за этого его грибообразной формы на форму каркаса теплообменника.

Рассмотрим эти признаки и возникающие при работе высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника технические результаты.

Путем регулирования расходов и температур потоков, системой регулирования
25 температур и расходов воздушного и газового потоков, используемой преимущественно в составе гибридных силовых установок для генерирования электрического тока, для обеспечения правильной работы высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника поддерживают близкие или с минимальным возможным перепадом температур потоки на горячей части ротора соответственно у выхода из горячего
30 торцевого диска каркаса ротора уходящего первого нагретого воздушного объемного потока и входящего в ротор второго газового объемного потока через второй горячий торцевой диск каркаса ротора в зоне радиальных и окружных уплотнений ротора, установленных на корпусе и выполненных лабиринтными. На холодном диске равномерность температурного поля будет поддерживаться автоматически за счет
35 теплопередачи и попеременного нагрева и охлаждения стаканов теплообменных ячеек и дисков. Это позволяет создать более равномерное поле температур по поверхностям горячего и холодного дисков и является очевидным, так эти действия аналогичны конструктивным особенностям и известным действиям при работе прототипа и являются развитием указанных известных действий, потому что при близких температурах и
40 теплофизических свойствах теплообменных ячеек поглощенное и отданное обратно ими тепло должно создать условия для создания однородного поля близких температур на поверхности горячего и холодного дисков. Абсолютно одинаковых температур на указанных поверхностях быть не может из-за того, что теплопередача с необходимой интенсивностью идет только при достаточном перепаде температур между воздухом
45 или газом и теплопередающим материалом каждой ячейки. Это получение постоянства поля температур возможно вследствие возможности работы газотурбинной гибридной установки в одном оптимальном выбранном режиме работы турбины и работы системы регулирования расходов и температур потоков и регулирования ею температур и

расходов воздушного и газового потоков. При этом следует отметить, что равномерность распределения температур по горячему и холодному дискам может быть правильно организована путем выбора теплофизических характеристик теплообменных ячеек и времени теплообмена (контакта), чем выше их эффективность, тем ближе будут начальные и конечные температуры поверхностей горячего и холодного дисков соответственно для первого нагреваемого воздушного объемного потока и соответственно второго охлаждаемого газового объемного потока, так как набегающий первый воздушный объемный поток входит в ротор через первый холодный торцевой диск каркаса ротора, а выходит из него через второй горячий торцевой диск каркаса ротора в виде уходящего первого нагретого воздушного объемного потока, а второй газовый объемный поток входит в ротор через второй горячий торцевой диск каркаса ротора и выходит через первый холодный торцевой диск каркаса ротора в виде уходящего второго охлажденного газового объемного потока, чем больше тепла эти потоки отдают и получают от теплопередающих ячеек, тем ближе будут температуры воздуха и газа в частях потоков, проходящих через горячий и холодный торцевые диски каркаса. Чем выше равномерность распределения температур по дискам, тем меньше неравномерность линейных, вдоль оси каналов стаканов изменений их длины и меньше деформация дисков, возникающая вследствие этого. И соответственно можно поддерживать меньший зазор в лабиринтных уплотнениях и уменьшить перетечки между воздушным и газовым потоками.

В роторе дополнительно установлены упругие силиконовые уплотнения с покрытием из силицированного пирографита, размещенные на внешней поверхности дисков по проекции зазоров между шестигранными стаканами, причем ширина в окружном направлении лабиринтных уплотнений в корпусе больше любого размера шестигранной ячейки силиконовых уплотнений в этом же направлении. Сохранение упругости силикона, его термостойкость и стабилизация свойств определяются заглублением в более холодную часть дисков и примыкающей к ней теплоотводящей и термостабилизирующей способностью внутренней шестигранной поверхности стаканов. При острой необходимости внутренние зазоры между стаканами могут дополнительно охлаждаться известными средствами и способами. При этом следует отметить, что внутренний канал каждого стакана может быть заполнен любым теплоаккумулирующим составом, а его плотность и пористость определяется оптимальным соотношением аэрогидравлического сопротивления и теплопоглощающими свойствами материала состава наполнителя. При этом паразитные объемы пор могут подбираться из условия минимального взаимного переноса воздуха и газа. При необходимости эти пространства под лабиринтными уплотнениями могут продуваться инертным газом, воздухом или газом, что приведет к предотвращению попадания воздуха или газа в соседний поток.

Выполнение холодного и горячего торцевых дисков из материалов, отношение коэффициентов линейного расширения материалов которых обратно пропорционально отношению приростов средних рабочих температур дисков. При этом теплообменные ячейки выполняют в виде стаканов с внешними шестигранными поверхностями и с внутренними каналами и устанавливаются между торцевыми дисками, по меньшей мере, с одной точкой жесткого крепления на каждом диске, каждые две точки жесткого крепления стаканов на соседних дисках располагают в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной и/или тангенциальной к ней плоскости сечения дисков, проходящей через ось симметрии каждого стакана, а зазор между стаканами выбирают с возможностью их свободного взаимного радиального расширения при максимальной рабочей температуре. Эти признаки позволяют при

одинаковых (как в аналогах и прототипе) температурах на поверхностях горячего и холодного дисков получить одинаковое линейное расширение горячего диска при высокой рабочей температуре за счет малого коэффициента линейного расширения его материала и относительно большое линейное расширение холодного диска с более высоким коэффициентом линейного расширения материала при более низкой температуре. При правильном выборе коэффициентов линейного расширения материалов холодного и горячего торцевых дисков обратное пропорциональное отношению приростов средних рабочих температур дисков их абсолютные линейные увеличения размеров при расчетных или выбранных рабочих температурах будут практически одинаковыми, а общие грибообразные деформации каркаса будут минимальными. Приростом средних рабочих температур дисков выбирают разности соответствующих абсолютных рабочих температур за вычетом абсолютной начальной температуры нерабочего исходного состояния каркаса.

Если теплообменные ячейки выполняют в виде стаканов с внешними шестигранными поверхностями и с каналами и устанавливают их между торцевыми дисками, по меньшей мере с одной точкой жесткого крепления на каждом диске, а, по меньшей мере, каждые две точки жесткого крепления стаканов на соседних дисках располагают в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной и/или тангенциальной к ней плоскости сечения соответствующего из дисков, проходящей через ось симметрии каждого стакана, то этим достигается устранение воздействия тепловых деформаций ячеек на торцевые диски при весьма значительном перепаде температур по длине каждой ячейки, так как торцевые поверхности стаканов, соприкасающиеся с соответствующим диском имеют возможность свободного линейного расширения и это не вызывает грибообразную деформацию дисков. Расположение точек жесткого крепления стаканов теплообменных ячеек на соседних дисках со стороны шестигранной поверхности стаканов в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной плоскости сечения дисков, то есть в плоскости, проходящей через ось их вращения в радиальном направлении, позволяет достичь минимального перепада температур между указанными точками, так как эти точки одновременно начинают подвергаться воздействию соответствующего потока воздуха или газа и будут находиться в близких температурных условиях в течение всего процесса периодического теплообмена даже если они будут находиться на одном диске. Расположение точек жесткого крепления стаканов теплообменных ячеек на соседних дисках в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в тангенциальной к радиальной плоскости сечения дисков, позволяет достичь заданного перепада температур между указанными точками, так как эти точки расположены в близких или одинаковых условиях воздействия соответствующего потока воздуха или газа для выбранной внутренней поверхности канала каждой теплообменной ячейки и будут находиться в близких по перепаду температурных условиях в течение всего процесса теплообмена, потому что часть потока воздуха или газ, находящаяся в указанном канале теплообменной ячейки будет иметь практически одинаковое распределение температур по длине канала, вследствие чего деформации формы каждой ячейки в отдельности и всех ячеек вместе не приведут к изменению формы каркаса, а вызовут лишь соответствующий поворот в тангенциальном направлении точек жесткого крепления одного торцевого диска относительно другого. Деформации положения и изгибы формы дисков из-за изменения длины теплообменных ячеек будут незначительны, так как градиент распределения температур по длине стаканов не будет менять знак, а средняя температура шестигранной поверхности стаканов каркаса и

массивной части стакана за цикл будет меняться незначительно, а перепады температуры на рабочей поверхности каналов стаканов будут приводить к прямой () или обратной () (бочкообразной форме изменения их стенок, что при достаточной массе стакана будет незначительно влиять на его рабочую длину.

5 При этом движение потоков воздуха и газов с близкими температурами в зоне радиальных и окружных уплотнений ротора вращающегося дискового теплообменника, установленных на корпусе, и выполнение этих уплотнений лабиринтными, при указанных выше условиях позволяет достичь минимального зазора и высокой эффективного бесконтактного уплотнения.

10 Выполнение зазоров между шестигранными стенками стаканов каркаса вращающегося дискового теплообменника, которые выбирают из условия возможности обеспечения свободного взаимного радиального расширения от оси симметрии каждого стакана относительно других при его максимальной рабочей температуре без их взаимного контакта и появления возможности деформации каркаса, такое выполнение
15 исключит деформации от неравномерного нагрева поверхностей дисков и массивной части стаканов.

Предложение поясняется чертежами, на которых показаны:

На Фиг. 1 показан частичный разрез каркаса теплообменника по одной теплообменной ячейке, по лабиринтным уплотнениям на корпусе и по силиконовым
20 уплотнениям на роторе, которые показаны условно на одной стороне ротора;

На Фиг. 2 показан в изометрии схематический вид каркаса теплообменника с комплексом уплотнений и частичным разрезом.

На Фиг. 3 показано расположение силиконовых уплотнений по проекциям зазоров между шестигранными поверхностями стаканов.

25 На Фиг. 4 показана схема гибридной силовой установки для генерирования электрического тока и приблизительное распределение температур воздушного и газового потоков в ней.

Силиконовые уплотнения высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника, который содержит корпус с входным и выходным воздушными
30 патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, включающий (см. Фиг. 1, 2 и 3) каркас 1, состоящий из горячего 2 и холодного 3 торцевых дисков и теплообменных ячеек 4, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в протокоте соответственно входного и выходного воздушных и входного и
35 выходного газовых патрубков корпуса, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в протокоте соответственно со стороны горячего диска 2 со входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска 3-е выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие
40 диски 2 или 3 и каналы стаканов теплообменных ячеек 4 и разделены по горячему и холодному дискам соответствующим радиальными 5 и окружными 6 уплотнениями, размещенными на корпусе, причем радиальные 5 и окружные 6 уплотнения ротора установлены на корпусе и выполнены лабиринтными, а в роторе дополнительно установлены упругие силиконовые уплотнения 7 с покрытием 8 из силицированного
45 пирографита, размещенные на внешней поверхности дисков 2 и 3 по проекции зазоров 9 между шестигранными стаканами, причем ширина в окружном направлении лабиринтных уплотнений в корпусе больше любого размера шестигранной ячейки силиконового уплотнения в этом же направлении. Холодный 2 и горячий 3 торцевые

диски выполнены из материалов, отношение коэффициентов линейного расширения которых выполнено обратно пропорциональным отношению приростов средних рабочих температур торцевых дисков 2 и 3. Теплообменные ячейки 4 выполнены в виде стаканов с внешними шестигранными поверхностями и с внутренними каналами и
 5 установлены между торцевыми дисками 2 и 3, по меньшей мере с одной точкой жесткого крепления 10 на каждом диске, а, по меньшей мере, каждые две точки жесткого крепления стаканов на соседних дисках расположены в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной и/или тангенциальной к ней
 10 плоскости сечения дисков 2 или 3, проходящей через ось симметрии каждого стакана, а зазор 9 между шестигранными поверхностями стаканов теплообменных ячеек 4 выбран из условия достижения возможности их свободного взаимного расширения при максимальной рабочей температуре.

На Фиг. 2 условно показаны зачерненной стрелкой поток газа, а белой стрелкой поток воздуха со стороны горячего диска 2. Стаканы теплообменных ячеек 4 жестко
 15 закреплены на дисках 2 и 3 в точках крепления 10 с возможностью образования между ними зазоров 9, которые выбираются из условия свободного радиального взаимного расширения стаканов от их осей возможно симметричного, так как реальная величина смещения стакана относительно оси зависит от мест жесткого крепления стакана. Так, например, при радиальном попарном жестком креплении стакана к каждому диску из-
 20 за разницы коэффициентов расширения стаканов и дисков будет происходить оваллизация формы стакана и местная деформация изменение формы отверстий, а диски 2 и 3 свою общую форму не изменят, потому что при достаточной длине стаканов каркаса 1 они под действием формоизменения своего и дисков на отдельный стакан теплообменной ячейки 4 не влияют и он может слегка изогнуться, не значительно влияя на
 25 цилиндрическую форму всего каркаса. Расположение, по меньшей мере, двух точек жесткого крепления стаканов теплообменных ячеек 4 на соседних дисках 2 и 3 в диаметральной плоскости сечения оснований стаканов 4 теплообменных ячеек, расположенной в тангенциальной к ней плоскости сечения дисков 2 и 3, т.е. в плоскости перпендикулярной радиальной плоскости сечения, позволяет достичь минимального
 30 перепада температур между указанными точками, так как эти точки расположены в близких или одинаковы условиях воздействия воздуха или газа для выбранной рабочей поверхности каждой теплообменной ячейки и будут находиться в относительно близких температурных условиях в течение всего процесса теплообмена, потому что часть потока воздуха или газа, находящаяся в указанном канале теплообменной ячейки 4
 35 будет иметь практически одинаковое распределение температур по длине внутреннего канала ее стакана, вследствие чего термические деформации линейных размеров и формы каждой ячейки в отдельности и всех ячеек вместе не приведут к изменению цилиндрической формы каркаса, а вызовут лишь при условии центрально симметричного их расположения относительно оси вращения каркаса 1 соответствующий поворот
 40 одного торцевого диска относительно другого или средняя температура шестигранной поверхности стаканов теплообменных ячеек каркаса из-за массивности теплообменной части стаканов и ограниченного времени цикла теплообмена будет меняться незначительно, перепады температуры на рабочей поверхности канала и шестигранной поверхности стаканов будут приводить к прямой () или обратной ()
 45 бочкообразной форме изменения их стенок, что при достаточной массе стакана будет незначительно влиять на его рабочую длину. При попарно встречном расположении точек жесткого крепления стаканов, поворота не будет, а возможна лишь небольшая деформация стаканов 4.

Высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник для предотвращения деформации каркаса высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника для гибридной силовой установки реализуется при помощи выше указанного устройства высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника и силиконовых
5 уплотнений в нем и следующей последовательности действий при его работе и достигает указанных технических результатов и решения поставленной технической задачи.

На фиг. 4 показана гибридная микротурбинная установка и примерное распределение температур в ней. Высокотемпературный вращающийся дисковый теплообменник предназначен для гибридной силовой установки, используемой преимущественно в
10 составе гибридных силовых установок для генерирования электрического тока, обычно включающих систему регулирования температур и расходов воздушного и газового потоков, которая работает следующим образом: после пуска и выхода на рабочий режим через воздушный фильтр воздух поступает в компрессор, где предварительно сжимается и поступает в рекуператор или регенератор, что является более
15 предпочтительным для микротурбинных установок, в виде набегающего первого воздушного объемного потока, который входит в ротор регенеративного теплообменника с его холодной стороны 11 через первый холодный торцевой диск 3 каркаса 1 ротора, а выходит из него через второй горячий 2 торцевой диск каркаса 1 ротора на его горячую сторону 12 в виде уходящего первого нагретого воздушного
20 объемного потока, который поступает в микротурбинный двигатель, температура газов на его выходе регулируется системой управления, например, путем изменения подачи необходимого количества топлива в камеру сгорания. После этого второй газовый объемный поток входит с горячей стороны 12 в ротор регенеративного теплообменника через второй горячий торцевой диск 2 каркаса 1 ротора и выходит
25 через первый холодный торцевой диск 3 каркаса 1 ротора в виде уходящего с холодной стороны 11 вращающегося дискового теплообменника второго охлажденного газового объемного потока.

При этом реализуется работа силиконовых уплотнений высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника, реализуемая в последовательности действий
30 его работы с возможностью предотвращения деформации формы каркаса высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника для гибридной силовой установки, предназначенный для использования преимущественно в составе гибридных силовых установок для генерирования электрического тока, обычно включающих систему регулирования температур и расходов воздушного и газового
35 потоков, корпус и установленный в нем ротор, содержащий каркас 1, состоящий из холодного 3 и горячего 2 торцевых дисков и теплообменных ячеек 4 в виде шестигранных стаканов, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного прохождения через него в противотоке, по меньшей мере, одного первого нагреваемого воздушного объемного потока и, по меньшей мере,
40 одного второго охлаждаемого газового объемного потока, причем набегающий первый воздушный объемный поток входит в ротор через первый холодный торцевой диск 3 каркаса 1 ротора, а выходит из него через второй горячий торцевой диск 2 каркаса 1 ротора в виде уходящего первого нагретого воздушного объемного потока, а второй газовый объемный поток входит в ротор с горячей стороны 12 через второй горячий
45 торцевой диск 2 каркаса 1 ротора и выходит через первый холодный торцевой диск 3 каркаса ротора с холодной стороны 11 в виде уходящего второго охлажденного газового объемного потока, при этом первый воздушный и второй газовый объемные потоки разделены на роторе с каждой внешней стороны горячего и холодного дисков

посредством, по меньшей мере, одного радиального 5 и окружного 6 уплотнения ротора, размещенного на корпусе (который на фиг. 1, 2 и 3 не показан). Эти признаки полностью повторяют совокупность, свойства и достигаемые в прототипе известные технические результаты, заключающиеся в выравнивании поля температур для поддержания плоской формы по контактными поверхностям горячего и холодного дисков каркаса ротора, что может снизить экстремальные значения термических деформаций и повысить равномерность их распределения по указанным поверхностям.

Для уменьшения деформирующего воздействия перепадов температур на каркас 1 и снижения величин его термических деформаций без сложного создания структуры охлаждения и условий для выравнивания и стабилизации поля температур по несущим элементам конструкции каркаса 1 необходимо изменить конструкцию каркаса 1 и последовательной действий с ним, приводящих к снижению деформаций каркаса. Это достигается за счет использования следующих отличительных признаков предложенного теплообменника.

При этом путем регулирования расходов и температур потоков, системой (которая на фиг. 4 не показана) регулирования температур и расходов воздушного и газового потоков по показаниям датчика температуры поддерживают близкие или с минимальным перепадом температур потоки на горячей стороне 12 ротора у выхода уходящего первого нагретого воздушного объемного потока и входящего в ротор второго газового объемного потока через второй горячий торцевой диск 2 каркаса 1 ротора в зоне радиальных уплотнений 5 ротора установленных на корпусе, выполненных лабиринтными.

В роторе дополнительно установлены упругие силиконовые уплотнения 7 с покрытием 8 из силицированного пирографита, размещенные на внешней поверхности дисков (см. Фиг. 3) по проекции зазоров 9 между шестигранными стаканами, причем ширина в окружном направлении радиальных лабиринтных уплотнений в корпусе больше любого размера шестигранной ячейки силиконовых уплотнений в этом же направлении,

Системы регулирования температур и расходов воздушного и газового потоков используемые преимущественно в составе гибридных силовых установок для генерирования электрического тока разнообразны и состоят из общеизвестных устройств регулирования, что не может быть предметом предложенного изобретения. Это позволяет общеизвестными методами и помощью общедоступных технических средств создать более равномерное поле температур по поверхностям горячего и холодного дисков, что является очевидным, так эти действия аналогичны известным действиям в прототипе и являются развитием указанных известных действий. Это возможно вследствие возможности работы газотурбинной гибридной установки в одном оптимальном выбранном режиме работы микротурбинного двигателя. При этом следует отметить, что равномерность распределения температур по горячему 2 и холодному 3 дискам может быть правильно организована путем выбора теплофизических характеристик теплообменных ячеек и времени теплообмена (контакта), чем выше их эффективность, тем ближе будут начальные и конечные температуры поверхностей горячего и холодного дисков соответственно для первого нагреваемого воздушного объемного потока и соответственно второго охлаждаемого газового объемного потока, так как набегающий первый воздушный объемный поток входит в ротор через первый холодный торцевой диск 3 каркаса 1 ротора, а выходит из него через второй горячий торцевой диск 2 каркаса 1 ротора в виде уходящего первого нагретого воздушного объемного потока, а второй газовый объемный поток входит в ротор через второй

горячий торцевой диск 2 каркаса 1 ротора и выходит через первый холодный торцевой диск 3 каркаса 1 ротора в виде уходящего второго охлажденного газового объемного потока, в результате чего эти потоки чем больше отдают и получают тепла от теплопередающих ячеек, и соответственно тем ближе будут температуры воздуха и газа в частях потоков, проходящих соответственно через горячий 2 и холодный 3 торцевые диски каркаса 1.

При правильном выборе соотношения коэффициентов линейного расширения материалов горячего 2 и холодного 3 торцевых дисков, которое выбирают обратно пропорциональным отношению приростов средних рабочих температур дисков, при этом теплообменные ячейки 4 выполняют в виде стаканов с внешними шестигранными поверхностями, и с внутренними каналами и устанавливают между торцевыми дисками, по меньшей мере с одной точкой жесткого крепления на каждом диске, а, по меньшей мере, каждые две точки жесткого крепления стаканов на соседних дисках располагают в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной и/или тангенциальной к ней плоскости сечения дисков, проходящей через ось симметрии каждого стакана, а зазор между стаканами выбирают с возможностью их свободного взаимного расширения при максимальной рабочей температуре. Эти признаки позволяют при одинаковых (как в аналогах и прототипе) температурах на поверхностях горячего и холодного дисков получить одинаковые линейные расширения дисков, соответственно малое для большей рабочей температуры горячего диска, то есть при высокой рабочей температуре за счет малого коэффициента линейного расширения его материала будет относительно малое линейное расширение, и при меньшей рабочей температуре относительно большое линейное расширение холодного диска с более высоким коэффициентом линейного расширения материала, которые в результате воздействия разного значения температур приведет почти к одинаковому линейному расширению горячего и холодного дисков соответственно для их выбранных или рассчитанных рабочих температур. При правильном выборе коэффициентов линейного расширения материалов холодного и горячего торцевых дисков обратно пропорциональным отношению приростов рабочих температур дисков их абсолютные линейные увеличения размеров при расчетных или рабочих температурах, подобранных опытным путем, будут практически одинаковыми, а общие грибообразные деформации каркаса 1 будут минимальными.

Если теплообменные ячейки 4 выполняют в виде стаканов с шестигранными поверхностями и внутренним каналом и устанавливают между торцевыми дисками 2 и 3, по меньшей мере с одной точкой жесткого крепления 10 на каждом диске, а, по меньшей мере, каждые две точки жесткого крепления 10 стаканов на соседних дисках располагают в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной и/или тангенциальной к ней плоскости сечения дисков, и проходящей через ось симметрии каждого стакана, то этим достигается устранение воздействия тепловых деформаций теплообменных ячеек 4, выполненных в виде стаканов, на торцевые диски при весьма значительном перепаде температур по длине каждой теплообменной ячейки 4, так как торцевые поверхности, соприкасающиеся с соответствующим диском имеют возможность свободного линейного расширения и это не вызывает деформацию дисков. Расположение точек жесткого крепления стаканов теплообменных ячеек на соседних дисках в диаметральной плоскости сечения их оснований, расположенной в радиальной плоскости сечения дисков, т.е. в плоскости, проходящей через ось вращения диска в радиальном направлении, позволяет достичь минимального перепада температур между указанными точками, так как эти точки одновременно начинают подвергаться

воздействию воздуха или газа и будут находиться в близких температурных условиях в течение всего процесса теплообмена даже если они будут находиться на одном диске. Расположение точек жесткого крепления стаканов теплообменных ячеек 4 на соседних дисках в диаметральной плоскости сечения их оснований теплообменных ячеек 4, расположенной в тангенциальной к ней плоскости сечения дисков, т.е. в плоскости перпендикулярной радиальной плоскости его сечения в одном направлении, позволяет достичь минимального перепада температур между указанными точками, так как эти точки расположены в близких или одинаковых условиях воздействия воздуха или газа для выбранной внутренней поверхности каждой теплообменной ячейки и будут находиться в относительно близких температурных условиях в течение всего процесса теплообмена, потому что часть потока воздуха или газа, находящаяся в указанном канале теплообменной ячейки будет иметь практически одинаковое распределение температур по длине канала, вследствие чего термические деформации линейных размеров и формы каждой ячейки в отдельности и всех ячеек вместе не приведут к изменению цилиндрической формы каркаса с получением грибообразной деформации, а вызовут лишь соответствующий поворот одного торцевого диска относительно другого и возможно небольшой его изгиб.

Шестигранная форма внешней поверхности стаканов теплообменных ячеек 4 выбрана для упрощения выбора и контроля зазоров между ними и их «плотной упаковки» (оптимального распределения по сечению торцевых дисков каркаса).

При этом движение потоков воздуха и газов с близкими температурами в зоне радиальных уплотнений ротора вращающегося дискового теплообменника на корпусе и выполнение их уплотнений лабиринтными и установки дополнительных силиконовых уплотнений на роторе, при указанных выше условиях позволяет достичь минимального зазора и высоко эффективного бесконтактного уплотнения.

Выполнение всех зазоров 9 между стаканами каркаса вращающегося дискового теплообменника по каждой из шести внешних граней стакана, которые выбирают из условия возможности обеспечения свободного взаимного радиального расширения каждого стакана в направлении выбранной грани и ее возможного поворота вокруг оси стакана, относительно других стаканов каркаса при его максимальной рабочей температуре без возможности их взаимного контакта и появления возможности получения деформации каркаса.

Для снижения возможных перетечек воздуха и газа технологические установочные зазоры между стаканами и дисками могут быть уплотнены любым известным способом при помощи известных средств и с помощью известных термостойких герметизирующих составов, позволяющих осуществить взаимные линейные нормальные и тангенциальные смещения указанных деталей в пределах выбранных или рассчитанных зазоров.

На основании изложенного можно утверждать следующее.

Поставленная техническая задача решается техническими средствами и может быть использована в предложенном виде в народном хозяйстве, следовательно, предложение соответствует критерию изобретения «промышленная применимость».

Предложение имеет отличия от конструкции и работы известного теплообменника, следовательно, соответствует критерию изобретения «новизна».

Предложение при выполнении всех известных и новых конструктивных особенностей и последовательности действий при работе теплообменника позволяет достичь новых ранее неизвестных технических результатов, следовательно, соответствует критерию изобретения «изобретательский уровень».

(57) Формула изобретения

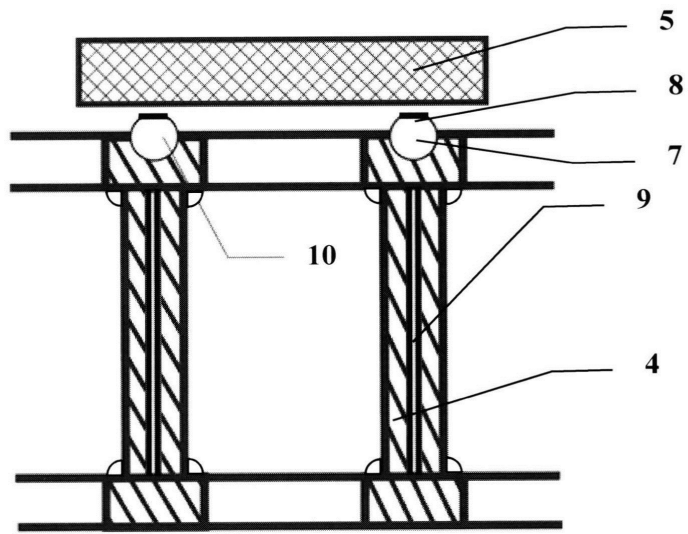
5 Силиконовые уплотнения высокотемпературного вращающегося дискового теплообменника, который содержит корпус с входным и выходным воздушными патрубками и с входным и выходным газовыми патрубками и установленный в нем ротор, включающий каркас, состоящий из холодного и горячего торцевых дисков и теплообменных ячеек с внутренним каналом, установленный в корпусе теплообменника с возможностью вращения и попеременного сообщения через его теплообменные ячейки в противотоке соответственно входного и выходного воздушных и входного и 10 выходного газовых патрубков, причем дисковый теплообменник выполнен с возможностью сообщения в противотоке соответственно со стороны горячего диска с входным газовым патрубком и выходным воздушным патрубком, а со стороны холодного диска - с выходным газовым и входным воздушным патрубком, причем газовые и воздушные патрубки корпуса сообщены между собой через соответствующие 15 диски и каналы теплообменных ячеек и разделены по горячему и холодному дискам соответствующими радиальными и окружными уплотнениями, размещенными на корпусе, отличающегося тем, что радиальные и окружные уплотнения ротора на корпусе выполнены лабиринтными, а в роторе дополнительно установлены упругие силиконовые уплотнения с покрытием из силицированного пирографита, размещенные на внешней 20 поверхности дисков по проекции зазоров между шестигранными стаканами, причем ширина в окружном направлении лабиринтных уплотнений в корпусе больше любого размера шестигранной ячейки силиконового уплотнения в этом же направлении, холодный и горячий торцевые диски выполнены из материалов, отношение коэффициентов линейного расширения которых обратно пропорционально отношению 25 приростов средних рабочих температур дисков, теплообменные ячейки выполнены в виде стаканов с внешними шестигранными поверхностями и с внутренними каналами и установлены между торцевыми дисками, по меньшей мере с одной точкой жесткого крепления на каждом диске, а по меньшей мере каждые две точки жесткого крепления стаканов на соседних дисках расположены в диаметральной плоскости сечения их 30 оснований, расположенной в радиальной и/или тангенциальной к ней плоскости сечения дисков, проходящей через ось симметрии каждого стакана со стороны шестигранной поверхности, а зазор между стаканами выбран из условия достижения возможности их свободного расширения при максимальной рабочей температуре.

35

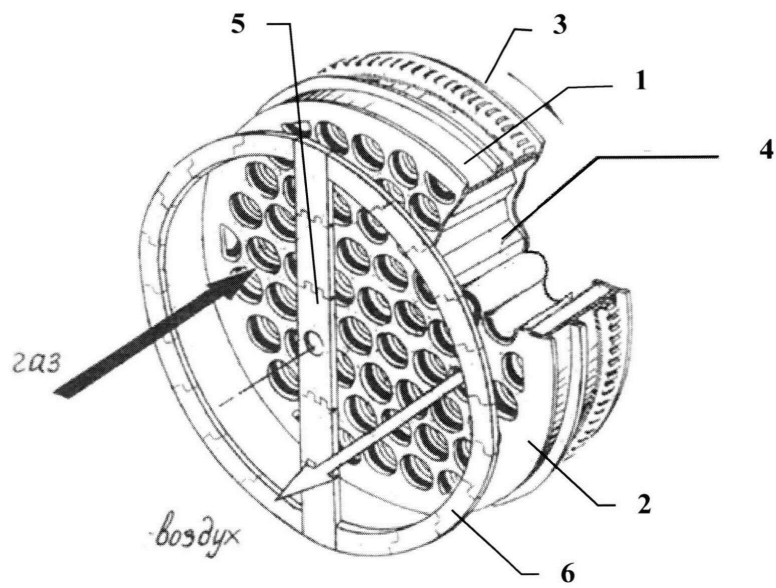
40

45

1

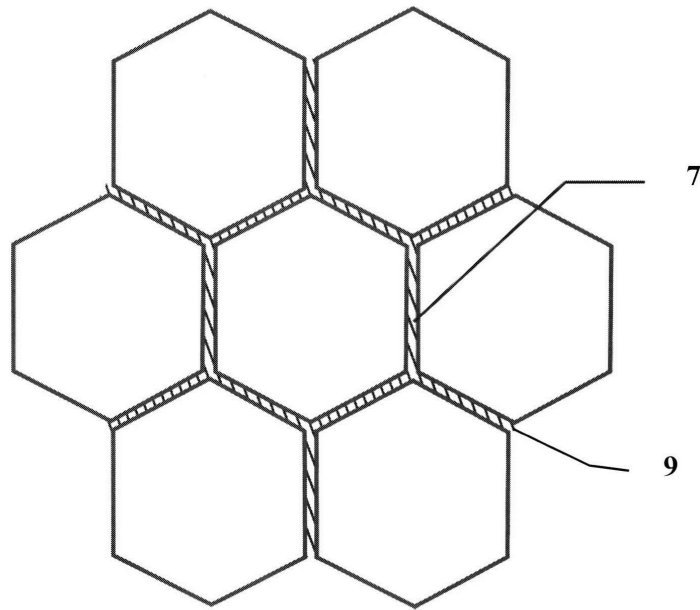


Фиг.1

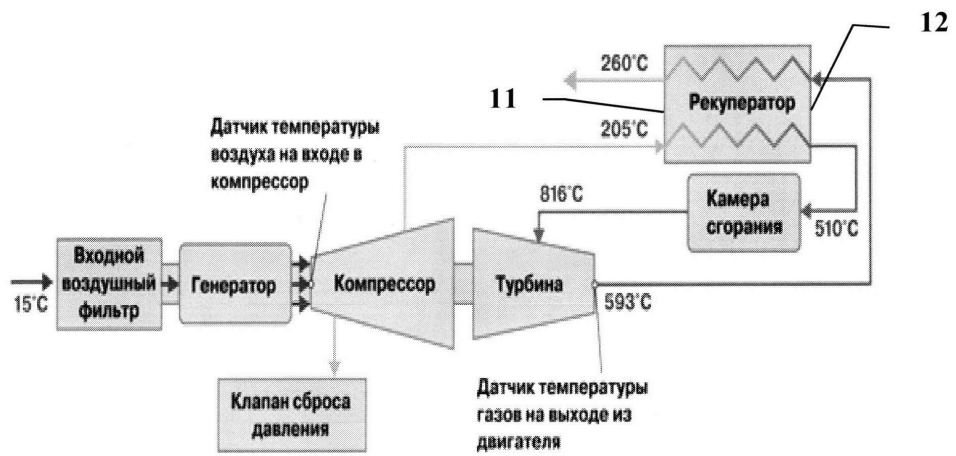


Фиг.2

2



Фиг.3



Фиг. 4