

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(21)(22) Заявка: 2017102764, 29.06.2015

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
30.06.2014 AU 2014902498;  
28.08.2014 AU 2014903414

(43) Дата публикации заявки: 06.08.2018 Бюл. № 22

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 30.01.2017(86) Заявка РСТ:  
AU 2015/000371 (29.06.2015)(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/000016 (07.01.2016)Адрес для переписки:  
190000, Санкт-Петербург, BOX-1125,  
"ПАТЕНТИКА"(71) Заявитель(и):  
ЭДВАНСД ГИБРИД ПТИ ЛТД (AU)(72) Автор(ы):  
УРЧ Майкл Джон (AU),  
БЕННЕТ Стивен (AU)

## (54) СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

## (57) Формула изобретения

1. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания, содержащая:

первое теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, по меньшей мере с одним источником тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания и рабочей текучей средой системы для передачи тепловой энергии от источника тепловой энергии к рабочей текучей среде системы;

турбину, сообщающуюся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой в первом теплообменном устройстве, для расширения рабочей текучей среды с целью производства мощности на валу;

второе теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с расширенной рабочей текучей средой для удаления из нее отходящего тепла и передачи его внешнему источнику, такому как атмосфера;

первый компрессор, сообщающийся по текучей среде с рабочей текучей средой, выходящей из теплообменного устройства, для увеличения давления охлажденной рабочей текучей среды перед ее поступлением в первое теплообменное устройство,

причем рабочая текучая среда системы является сверхкритической текучей средой.

2. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания,

A  
2017102764 AR U  
2 0 1 7 1 0 2 7 6 4  
A

содержащая:

первое теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с первым источником тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания и вторым источником тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания для передачи тепловой энергии от первого источника тепловой энергии ко второму источнику тепловой энергии;

промежуточное теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи со вторым источником тепловой энергии, нагретым в первом теплообменном устройстве, и рабочей текучей средой системы для передачи тепловой энергии от второго источника тепловой энергии к рабочей текучей среде системы;

турбину, сообщающуюся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой в промежуточном теплообменном устройстве, для расширения рабочей текучей среды с целью производства мощности на валу;

второе теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с расширенной рабочей текучей средой для удаления из нее отходящего тепла и передачи его внешнему источнику, такому как атмосфера; и

первый компрессор, сообщающийся по текучей среде с рабочей текучей средой, выходящей из теплообменного устройства, для увеличения давления охлажденной рабочей текучей среды перед ее поступлением в промежуточное теплообменное устройство,

причем рабочая текучая среда системы является сверхкритической текучей средой.

3. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 1 или 2, в которой рабочая текучая среда является сверхкритической двуокисью углерода.

4. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 1 или 2, в которой рабочая текучая среда является сверхкритической водой или другой охлаждающей средой.

5. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-4, которая содержит генератор, функционально связанный с турбиной, для преобразования мощности на валу, произведенной турбиной, в электрическую мощность.

6. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 5, которая содержит аккумуляторную батарею, выполненную с возможностью аккумулирования электрической мощности, произведенной генератором.

7. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-6, в которой по меньшей мере один или первый источник тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания является выхлопным газом.

8. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-7, в которой по меньшей мере один или второй источник тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания является хладагентом двигателя.

9. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 8, которая содержит трубопровод рециркуляции хладагента, предназначенный для рециркуляции хладагента двигателя, охлажденного первым теплообменным устройством, обратно к двигателю внутреннего сгорания.

10. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 9, в которой трубопровод рециркуляции хладагента предназначен для рециркуляции хладагента двигателя в водяном контуре внутри двигателя.

11. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 9, в которой водяной контур расположен внутри двигателя для циркуляции рабочей текучей среды.

12. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по

любому из пп. 1-11, в которой по меньшей мере один или первый источник тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания является моторным маслом.

13. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 12, которая содержит трубопровод рециркуляции моторного масла, предназначенный для рециркуляции моторного масла, охлажденного первым теплообменным устройством, обратно к двигателю внутреннего сгорания.

14. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 13, в которой трубопровод рециркуляции моторного масла предназначен для рециркуляции моторного масла в масляном контуре внутри двигателя.

15. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-14, в которой по меньшей мере один источник тепловой энергии является теплом конденсации, выделяемым системой кондиционирования воздуха транспортного средства.

16. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-15, которая выполнена с возможностью утилизации тепловой энергии от множества источников тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания.

17. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 16, в которой первое теплообменное устройство находится в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с первым источником тепловой энергии в форме выхлопного газа двигателя и вторым источником тепловой энергии в форме хладагента двигателя.

18. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 17, в которой первое теплообменное устройство содержит теплообменное устройство выхлопных газов для передачи тепловой энергии от выхлопного газа к рабочей текучей среде и принимающее хладагент теплообменное устройство для передачи тепловой энергии от хладагента двигателя к рабочей текучей среде.

19. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 17 или 18, в которой первое теплообменное устройство дополнительно содержит принимающее масло теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с дополнительным источником тепловой энергии в форме моторного масла для передачи тепловой энергии от моторного масла к рабочей текучей среде.

20. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-19, в которой первый компрессор функционально связан с выходным валом турбины таким образом, что приводится в действие турбиной.

21. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 6-19, которая содержит двигательное устройство, выполненное с возможностью получения электрической мощности от аккумуляторной батареи.

22. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 21, в которой первый компрессор функционально связан с двигателем устройством и приводится им в действие.

23. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-19, в которой первый компрессор приводится в действие мощностью на валу, произведенной двигателем внутреннего сгорания.

24. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 5, в которой первый компрессор приводят в действие непосредственно электрической мощностью, выработанной генератором.

25. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 5, которая дополнительно содержит двигательное устройство с цифровым управлением и аккумулированием энергии, выполненное с возможностью получения электрической

мощности от генератора.

26. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 25, в которой двигательное устройство с цифровым управлением содержит маховик для аккумулирования механической энергии.

27. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 25 или 26, в которой двигательное устройство с цифровым управлением дополнительно содержит ротор, находящийся в магнитной связи с маховиком.

28. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 27, в которой маховик и ротор выполнены с возможностью работы при различных скоростях вращения.

29. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 25-28, в которой по меньшей мере часть электрической мощности, произведенной двигателем устройством с цифровым управлением, использована для привода первого компрессора.

30. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 25-28, которая содержит аккумуляторную батарею, выполненную с возможностью аккумулирования электрической мощности, произведенной генератором, и в которой двигательное устройство с цифровым управлением выполнено с возможностью отвода по меньшей мере части произведенной им электрической мощности к аккумуляторной батарее для накопления.

31. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1, 4, 7-24 и 26-30, которая дополнительно содержит второй компрессор, сообщающийся по текучей среде с источником воздуха и первым промежуточным охладителем, предназначенным для охлаждения сжатого воздуха, выходящего из второго компрессора, причем охлажденный сжатый воздух сообщается по текучей среде со входом двигателя внутреннего сгорания.

32. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 5, которая дополнительно содержит второй компрессор, сообщающийся по текучей среде с источником воздуха и первым промежуточным охладителем, предназначенным для охлаждения сжатого воздуха, выходящего из второго компрессора, причем охлажденный сжатый воздух сообщается по текучей среде со входом двигателя внутреннего сгорания.

33. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 6, которая дополнительно содержит второй компрессор, сообщающийся по текучей среде с источником воздуха и первым промежуточным охладителем, предназначенным для охлаждения сжатого воздуха, выходящего из второго компрессора, причем охлажденный сжатый воздух сообщается по текучей среде со входом двигателя внутреннего сгорания.

34. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 25, которая дополнительно содержит второй компрессор, сообщающийся по текучей среде с источником воздуха и первым промежуточным охладителем, предназначенным для охлаждения сжатого воздуха, выходящего из второго компрессора, причем охлажденный сжатый воздух сообщается по текучей среде со входом двигателя внутреннего сгорания.

35. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по пп. 31, 32, 33 или 34, в которой часть рабочей текучей среды, охлажденной вторым теплообменным устройством, отводят через промежуточный охладитель перед ее поступлением в первый компрессор для охлаждения сжатого воздуха.

36. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по пп. 31, 32, 33 или 34, которая содержит второй промежуточный охладитель, находящийся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с первым промежуточным охладителем, причем первый промежуточный охладитель и второй

промежуточный охладитель находится в замкнутом контуре, через который проходит текучая среда промежуточного охладителя, а часть рабочей текучей среды, охлажденной вторым теплообменным устройством, отводят через второй промежуточный охладитель для теплообмена с текучей средой промежуточного охладителя перед ее поступлением в первый компрессор.

37. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 36, в которой текучая среда промежуточного охладителя является водой.

38. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 32, в которой второй компрессор приводят в действие непосредственно электрической мощностью, выработанной генератором.

39. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 33, в которой второй компрессор приводят в действие двигателем устройством, питаемым электрической энергией, накопленной в аккумуляторной батарее.

40. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 24-29, 32, 34, которая содержит аккумуляторную батарею, выполненную с возможностью аккумулирования электрической мощности, произведенной генератором, и дополнительно содержит мотор-генератор, питаемый частью электрической энергии, накопленной в аккумуляторной батарее.

41. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 30 или 33, которая дополнительно содержит мотор-генератор, питаемый частью электрической энергии, накопленной в аккумуляторной батарее.

42. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 40 или 41, в которой мотор-генератор функционально связан с приводным валом транспортного средства, приводимым в действие двигателем внутреннего сгорания.

43. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по пп. 40, 41 или 42, в которой мотор-генератор выполнен с возможностью получения электрической мощности от аккумуляторной батареи для вращения приводного вала транспортного средства.

44. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 34, в которой часть электрической мощности, сгенерированной двигателем устройством с цифровым приводом, используют для привода первого компрессора, а другую часть электрической мощности используют для привода второго компрессора.

45. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 30, 33, 39-43, дополнительно содержит первое двигательное устройство с цифровым управлением и аккумулированием энергии, функционально связанное с турбиной и первым компрессором, для привода первого компрессора, и дополнительно содержащая второе двигательное устройство с цифровым управлением и аккумулированием энергии, функционально связанное с приводным валом транспортного средства и выполненное с возможностью получения электрической мощности от аккумуляторной батареи для вращения приводного вала транспортного средства.

46. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1 и 3-45, в которой рабочая текучая среда циркулирует через двигатель внутреннего сгорания в тепловой связи по меньшей мере с одним компонентом двигателя для передачи тепловой энергии от по меньшей мере одного компонента двигателя к рабочей текучей среде перед ее попаданием в первое теплообменное устройство.

47. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 2, в которой рабочая текучая среда циркулирует через двигатель внутреннего сгорания в тепловой связи по меньшей мере с одним компонентом двигателя для передачи тепловой энергии от указанного по меньшей мере одного компонента двигателя к

рабочей текучей среде перед ее попаданием в первое теплообменное устройство.

48. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 46 или 47, в которой по меньшей мере один компонент двигателя является цилиндром двигателя внутреннего сгорания.

49. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 46, в которой указанный по меньшей мере один компонент двигателя является моторным маслом.

50. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 47, в которой указанный по меньшей мере один компонент двигателя является моторным маслом.

51. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1 и 3-50, дополнительно содержащая рекуператор, находящийся в тепловой связи, предпочтительно сообщающийся по текучей среде, с рабочей текучей средой до ее выхода из двигателя внутреннего сгорания, для передачи тепловой энергии к рабочей текучей среде перед ее поступлением в первое теплообменное устройство.

52. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 2, дополнительно содержащая рекуператор, находящийся в тепловой связи, предпочтительно сообщающийся по текучей среде, с рабочей текучей средой до ее выхода из двигателя внутреннего сгорания, для передачи тепловой энергии к рабочей текучей среде перед ее поступлением в первое теплообменное устройство.

53. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 51 или 52, в которой рекуператор также находится в тепловой связи, предпочтительно сообщается по текучей среде, с расширенной рабочей текучей средой для передачи тепловой энергии от рабочей текучей среды перед ее поступлением во второе теплообменное устройство.

54. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 50 или 52, в которой рекуператор находится в тепловой связи, предпочтительно сообщается по текучей среде, с рабочей текучей средой до ее выхода из первого компрессора для передачи тепловой энергии к рабочей текучей среде перед ее поступлением в промежуточное теплообменное устройство.

55. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 54, в которой рекуператор также находится в тепловой связи, предпочтительно сообщается по текучей среде, с расширенной рабочей текучей средой для передачи тепловой энергии от рабочей текучей среды перед ее поступлением во второе теплообменное устройство.

56. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания, содержащая:

теплообменное устройство двигателя внутреннего сгорания, находящееся в тепловой связи по меньшей мере с одним компонентом двигателя внутреннего сгорания, для передачи тепловой энергии от указанного по меньшей мере от одного компонента двигателя внутреннего сгорания к рабочей текучей среде системы, первое теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с рабочей текучей средой, нагретой теплообменным устройством двигателя внутреннего сгорания, и в тепловой связи, предпочтительно сообщающееся по текучей среде, по меньшей мере еще с одним источником тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания для передачи тепловой энергии от этого источника тепловой энергии к рабочей текучей среде системы;

турбину, сообщающуюся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой в первом теплообменном устройстве, для расширения рабочей текучей среды с целью производства мощности на валу;

рекуператор, сообщающийся по текучей среде с расширенной рабочей текучей средой от турбины для рекуперации содержащегося в ней тепла и кроме того сообщающийся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой теплообменным устройством двигателя внутреннего сгорания, для охлаждения рабочей текучей среды перед ее входом в первое теплообменное устройство;

второе теплообменное устройство, сообщающееся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой в рекуператоре, для удаления из нее отходящего тепла и передачи его внешнему источнику, такому как атмосфера; и

первый компрессор, сообщающийся по текучей среде с рабочей текучей средой, выходящей из второго теплообменного устройства, для увеличения давления охлажденной рабочей текучей среды перед ее поступлением в теплообменное устройство двигателя внутреннего сгорания, причем рабочая текучая среда системы является сверхкритической текучей средой.

57. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 56, в которой теплообменное устройство двигателя внутреннего сгорания является трубопроводом, находящимся в тепловой связи с указанным по меньшей мере одним компонентом двигателя внутреннего сгорания, или содержит такой трубопровод.

58. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 57, в которой трубопровод выполнен с возможностью транспортирования рабочей текучей среды через двигатель внутреннего сгорания.

59. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 56, дополнительно содержащая третье теплообменное устройство, сообщающееся по текучей среде с рабочей текучей средой, выходящей из первого компрессора, причем рабочая текучая среда, проходящая через третье теплообменное устройство, находится в тепловой связи с окружающим атмосферным воздухом для охлаждения рабочей текучей среды.

60. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 59, дополнительно содержащая второй компрессор, сообщающийся по текучей среде с источником воздуха и первым промежуточным охладителем, предназначенным для охлаждения сжатого воздуха, выходящего из второго компрессора, причем охлажденный сжатый воздух находится в тепловой связи с рабочей текучей средой, выходящей из третьего теплообменного устройства, для охлаждения сжатого воздуха перед его попаданием в двигатель внутреннего сгорания.

61. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 56-60, в которой теплообменное устройство двигателя внутреннего сгорания расположено внутри двигателя внутреннего сгорания.

62. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 56-61, в которой по меньшей мере один компонент двигателя является либо цилиндром двигателя, либо моторным маслом.

63. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 56-62, в которой второе теплообменное устройство выполнено с возможностью передачи отходящего тепла от рабочей текучей среды в атмосферу.

64. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания, содержащая:

первое теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с по меньшей мере одним источником тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания и рабочей текучей средой системы для передачи тепловой энергии от источника тепловой энергии к рабочей текучей среде системы;

турбину, сообщающуюся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой в

первом теплообменном устройстве, для расширения рабочей текучей среды с целью производства мощности на валу;

второе теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с расширенной рабочей текучей средой для удаления из нее отходящего тепла и передачи его в атмосферу; и

первый компрессор, сообщающийся по текучей среде с рабочей текучей средой, выходящей из теплообменного устройства, для увеличения давления охлажденной рабочей текучей среды перед ее поступлением в первое теплообменное устройство,

причем рабочая текучая среда системы является сверхкритической текучей средой.

65. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания, содержащая:

первое теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, по меньшей мере с одним источником тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания и рабочей текучей средой системы для передачи тепловой энергии от источника тепловой энергии к рабочей текучей среде системы;

турбину, сообщающуюся по текучей среде с рабочей текучей средой, нагретой в первом теплообменном устройстве, для расширения рабочей текучей среды с целью производства мощности на валу;

второе теплообменное устройство, находящееся в тепловой связи, более предпочтительно сообщающееся по текучей среде, с расширенной рабочей текучей средой для удаления из нее отходящего тепла и передачи его в атмосферу; и

первое устройство повышения давления, сообщающееся по текучей среде с рабочей текучей средой, выходящей из теплообменного устройства, для увеличения давления охлажденной рабочей текучей среды перед ее поступлением в первое теплообменное устройство,

причем рабочая текучая среда системы является сверхкритической текучей средой.

66. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по п. 65, в которой устройство повышения давления является тепловым насосом.

67. Система рекуперации тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания по любому из пп. 1-66, в которой рабочая текучая среда является сверхкритической по меньшей мере перед ее поступлением в турбину.