РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 552 012**(13) **C1**

(51) МПК
F02K 7/16 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21)(22) Заявка: **2014100851/06, 10.01.2014**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.01.2014

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **10.01.2014**

(45) Опубликовано: **10.06.2015** Бюл. № **16**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **FR 2687433 A1, 20.08.1993. RU 1588011 C, 15.11.1994. SU 1768789 A1, 15.10.1992. FR 2635826 A1, 02.03.1990. FR 2648577 A1, 21.12.1990. GB 2190964 A, 12.12.1987**

Адрес для переписки:
443112, г.Самара, ул. Крайняя, 18-17, Болотину Н.Б.

(72) Автор(ы):
Болотин Николай Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Болотин Николай Борисович (RU)

(54) ВОДОРОДНЫЙ ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к газотурбинным двигателям и может быть применимо для сверхзвуковой военной авиации и гиперзвуковых самолетов.

Задачи создания изобретения: повышение энергетических возможностей газотурбинного двигателя.

Достигнутые технические результаты: повышение степени сжатия компрессора, увеличение силы тяги двигателя и улучшение его удельных характеристик.

Решение указанных задач достигнуто в водородном газотурбинном двигателе, содержащем воздухозаборник, корпус, компрессор с ротором компрессора, имеющим вал, камеру сгорания, установленную за компрессором и соединенную с ним воздушным трактом, и реактивное сопло, тем, что между компрессором и камерой сгорания внутри воздушного тракта, соединяющего компрессор и камеру сгорания, установлена водородная биротативная турбина, которая имеет внешний и внутренний роторы, входной и выходной коллекторы и второй вал, соединенный с внешним ротором, внутренний ротор соединен с валом ротора компрессора, а за камерой сгорания установлен теплообменник, вход которого соединен с топливопроводом, а выход - с входным коллектором турбины, выходной коллектор этой турбины соединен трубопроводом с основной камерой сгорания, на выходе из теплообменника установлен второй компрессор, при этом биротативная водородная турбина и второй компрессор соединены вторым валом. Реактивное сопло может быть выполнено сверхзвуковым. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.

RU 2552012 C1

RU 2552012 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 552 012**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
F02K 7/16 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.

(21)(22) Application: **2014100851/06, 10.01.2014**

(24) Effective date for property rights:
10.01.2014

Priority:
(22) Date of filing: **10.01.2014**

(45) Date of publication: **10.06.2015** Bull. № **16**

Mail address:
443112, g.Samara, ul. Krajnjaja, 18-17, Bolotinu N.B.

(72) Inventor(s):
Bolotin Nikolaj Borisovich (RU)

(73) Proprietor(s):
Bolotin Nikolaj Borisovich (RU)

(54) HYDROGEN GAS-TURBINE ENGINE

(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: solution of the specified tasks is achieved in a hydrogen gas-turbine engine containing an air intake, a housing, a compressor with a compressor rotor having a shaft, a combustion chamber installed after the compressor and connected to it via an air path, and a jet nozzle so that between the compressor and the combustion chamber inside the air path connecting the compressor to the combustion chamber there installed is a hydrogen birotary turbine that has external and internal rotors, inlet and outlet manifolds and the second shaft connected to the external rotor; the internal rotor is connected to the compressor rotor shaft, and a heat exchanger is installed after the combustion chamber and its inlet is connected to a fuel line and its outlet is connected to the inlet manifold of the turbine; the outlet manifold of the same turbine is connected via a pipeline to the main combustion chamber; the second compressor is installed at the heat exchanger outlet; with that, the hydrogen birotary turbine and the second compressor are connected by means of the second shaft. The jet nozzle can be of a supersonic type.

EFFECT: improving power performance of a gas-turbine engine; improving a compression degree of a compressor; increasing engine thrust force and improving its specific characteristics.

2 cl, 2 dwg

RU 2552012 C1

RU 2552012 C1

Изобретение относится к двигателестроению, конкретно к авиационным двигателям для сверхзвуковых и гиперзвуковых самолетов.

Известен водородный газотурбинный двигатель по патенту РФ на изобретение №2029118, МПК F02C 3/04, опубл. 20.05.1995 г., со вспомогательным контуром, работающим на водороде, во вспомогательный контур введен дополнительный воздушный тракт, связывающий выход из свободного компрессора со вспомогательной камерой. Водород в контуре двигателя играет роль хладагента. Для охлаждения турбины основного контура используется воздух высокого давления, который после охлаждения турбины подается в камеру сгорания промежуточного перегрева, куда поступает одновременно перешедший в газообразное состояние сжиженный воздух.

Недостаток - низкие удельные характеристики двигателя вследствие малой степени сжатия воздуха в компрессоре.

Известен водородный газотурбинный двигатель по патенту РФ на изобретение №2320889, МПК F02K 3/04, опубл. 27.03.2008 г. (прототип), который содержит вентилятор, высоконапорный скоростной компрессор, мультипликатор, пароводяной нагреватель (генератор пара), форсажную камеру, турбодетандер с тепломассообменным аппаратом. Двигатель также имеет трехступенчатую активно-реактивную турбину, у которой третья ступень радиально-осевая, проточная часть которой переходит в критическое сверхзвуковое сечение сопла Лаваля, окруженное аккумулятором пара. Высоконапорный скоростной компрессор выполнен комбинированным со степенью повышения давления, равной 60. Двигатель рассчитан на тягу не менее 150 тонн с расходом воздуха через первый контур 600 кг/с, через второй контур - 1200 кг/с, температурой газа пред турбиной 2000 К. Вентилятор имеет наружный диаметр лопастей первого ряда 4000 мм. Внутри корпуса сопла Лаваля установлены форсунки подачи атомарного водорода для дожигания несгоревшего окислителя. Диски высоконапорного скоростного компрессора выполнены комбинированными - к осевым ступеням добавлены центробежные нагнетающие. Сопло Лаваля снабжено центральным телом, через отверстия которого подается паровоздушная смесь, создающая внешнюю упругую «оболочку-подушку», что позволяет изменять площадь проходного критического сечения сопла Лаваля.

Недостатки - низкий уровень силы тяги, относительно низкие удельные параметры, например удельный расход топлива, недостаточная степень сжатия компрессора.

Низкие удельные параметры объясняются тем, что создать компрессор со степенью сжатия более 30…40 невозможно, из-за того, что температура воздуха на выходе из него превысит 800°С. Кроме того, энергетического потенциала газовой турбины недостаточно для привода более мощного компрессора из-за ограничения температуры газов на выходе из турбины диапазоном 1700…1800К, в первую очередь из-за снижения ресурса рабочих лопаток газовой турбины. Рабочие лопатки газовой турбины находятся на большом диаметре, вращаются с огромными окружными скоростями, следовательно на них действуют значительные центробежные нагрузки. Прочностные свойства материалов при увеличении температуры ухудшаются.

Задачи создания изобретения: повышение энергетических возможностей газотурбинного двигателя.

Достигнутые технические результаты: повышение степени сжатия компрессора, увеличение силы тяги двигателя и улучшение его удельных характеристик.

Решение указанных задач достигнуто в водородном газотурбинном двигателе, содержащем воздухозаборник, корпус, компрессор с ротором компрессора, имеющим вал, камеру сгорания, установленную за компрессором и соединенную с ним воздушным

трактом, и реактивное сопло, тем, что между компрессором и камерой сгорания внутри воздушного тракта, соединяющего компрессор и камеру сгорания, установлена биротативная водородная турбина, которая имеет внешний и внутренний роторы, входной и выходной коллекторы и второй вал, соединенный с внешним ротором, внутренний ротор соединен с валом ротора компрессора, а за камерой сгорания установлен теплообменник, вход которого соединен с топливопроводом, а выход - с входным коллектором биротативной водородной турбины, выходной коллектор биротативной водородной турбины соединен трубопроводом с основной камерой сгорания, на выходе из теплообменника установлен второй компрессор, при этом биротативная водородная турбина и второй компрессор соединены вторым валом. Реактивное сопло может быть выполнено сверхзвуковым.

Сущность изобретения поясняется на фиг. 1, 2, где:

на фиг. 1 приведена схема водородного газотурбинного двигателя,

на фиг. 2 приведена схема биротативной водородной турбины.

Предложенное техническое решение (фиг. 1, 2) содержит воздухозаборник 1, корпус 2 компрессор 3, воздушный тракт 4, основную камеру сгорания 5, теплообменник 6, второй компрессор 7 и реактивное сопло 8 с внутренним обтекателем 9. Реактивное сопло 8 предпочтительно выполнить сверхзвуковым. Компрессор 3 содержит статор 10 и ротор 11. Камера сгорания 5 содержит жаровую трубу 12 и форсунки 13. Второй компрессор 7 содержит статор 14 и ротор 15. Внутри воздушного тракта 4 установлена биротативная водородная турбина 16, работающая на перегретом водороде. Биротативная водородная турбина 16 имеет наружный диаметр меньше внутреннего диаметра воздушного тракта 4, чтобы его не загромождать. Кроме того, малые диаметральные габариты биротативной водородной турбины 16 уменьшают центробежные нагрузки на ее вращающиеся детали. Биротативная водородная турбина 16 содержит внешний ротор 17 и внутренний ротор 18. Внутренний ротор 18 соединен через шлицевое соединение 19 с валом 20 компрессора 3, а внешний ротор 17 соединен вторым валом 21 с ротором 15 второго компрессора 8. Биротативная водородная турбина 16 имеет входной и выходной коллекторы, соответственно 22 и 23 (фиг. 1 и 2).

На фиг. 2 приведена более подробно конструкция биротативной водородной турбины 16. Внешний ротор 17 содержит корпус 24 с торцовыми крышками 25 и 26, на которых размещены коллекторы 22 и 23 соответственно с возможностью проскальзывания и уплотнены уплотнениями 29. На торцовых крышках 25 и 26 под коллекторами 22 и 23 выполнены отверстия 30 и 31.

Внутренний ротор 18 содержит корпус 32 в виде полого усеченного корпуса, к которому присоединены торцовые стенки 33 и 34. К торцовой стенке 33 присоединена втулка втулки 35 со шлицами 19, а к торцовой крышке 34 - втулка 36. Втулки 35 и 36 установлены на подшипниках 37 и 38 и уплотнены уплотнениями 39 и 40. Второй вал 21 присоединен к внешнему ротору 17, соединяет этот роторы 17 и ротор 15 второго компрессора 7. На корпусе 24 внешнего ротора 17 установлены сопловые лопатки 42, а на корпусе 32 внутреннего ротора 18 - рабочие лопатки 47. Внешний ротор 17 установлен на опорах 43 и 44.

Водородный газотурбинный двигатель (фиг. 1) содержит систему топливоподачи, имеющую бак 45 для хранения водорода, топливопровод низкого давления 46, подключенный к выходу из бака 45. К топливопроводу низкого давления 46 присоединены насос 47, регулятор расхода 48 и отсечной клапан 49. Трубопроводы перепуска 50 и 51 соединяют соответственно теплообменник 6 с входным коллектором 22 водородной турбины 21 и выходной коллектор 23 с камерой сгорания 5.

Вал установлен на передней опоре 52, а второй вал 21 установлен на опоре 44 и задней опоре

Возможно выполнение реактивного сопла 9 сверхзвуковым для увеличения его реактивной тяги..

РАБОТА ДВИГАТЕЛЯ

При работе водородного газотурбинного двигателя осуществляют его запуск путем подачи электроэнергии на стартер от внешнего источника энергии (на фиг. 1 и 2 стартер и источник энергии не показаны). Потом включают насос 47 и водород из бака 45 подается в теплообменник 6, потом по трубопроводу перепуска 50 - во входной коллектор 23 биротативной водородной турбины 16, потом из выходного коллектора 24 по трубопроводу перепуска 51 - в форсунки 13 камеры сгорания 5, где воспламеняется при помощи электрозапальника (на фиг. 1 и 2 электрозапальник не показан). Внешний ротор 17 биротативной водородной турбины 16 ракручивает через вал 20 ротор 11 компрессора 3. Внутренний ротор 18 биротативной водородной турбины 16 раскручивается и раскручивает через второй вал 21 ротор 15 второго компрессора 7. Компрессор 3 обеспечивает степень сжатия до 30…40, при этом температура воздуха на его выходе может достичь 800 К. При сгорании топлива в основной камере сгорания 5 температура выхлопных газов повышается до 1800…2000°С. В теплообменнике 8 продукты сгорания охлаждаются примерно до 300 К. Это технически осуществимо из-за высокой теплоемкости водорода и его хороших показателей теплоотдачи. Второй компрессор 7 дополнительно сжимает поток выхлопных газов. Общая степень сжатия двух компрессоров достигает 100…150. Перед реактивным соплом 8 создается высокое давление, что обеспечивает ее эффективную работу, особенно для сверхзвукового реактивного сопла с высокой степенью расширения.

Применение теплообменника 6, как отмечалось ранее, позволит снизить температуру выхлопных газов с 1800…2000 К до температуры 300 К перед вторым компрессором 7, что позволит второму компрессору 7 обеспечить сжатие продуктов сгорания до 100…150 кгс/см^2 (на поверхности земли), т.е. до давления, соизмеримого с давлением в камерах сгорания современных ЖРД. Без предварительного охлаждения второй компрессор 7 был бы в принципе неработоспособен. Высокое давление перед реактивным соплом 8 позволяет обеспечить перепад давления на нем и истечение продуктов сгорания со сверхзвуковыми скоростями, тем самым создать большую реактивную тягу. Очень высокая сила тяги при малых габаритах двигателя позволяет достичь летательным аппаратам, оборудованным таким двигателем, скоростей М= 5…10 и значительно повысить высотность работы двигателя.

Регулирование силы тяги на бесфорсажном режиме осуществляется регулятором расхода 48.

При останове водородного газотурбинного двигателя все операции осуществляются в обратной последовательности, т.е. закрывают отсечной клапан 49.

Применение изобретения позволило:

1. Повысить степень сжатия компрессоров газотурбинного двигателя за счет применения двух компрессоров и турбины, работающей на водороде, и охлаждения продуктов сгорания перед вторым компрессором. Водородная турбина имеет небольшие диаметральные габариты, поэтому на ее рабочие лопатки действуют меньшие центробежные силы. Применение в качестве рабочего тела чистого водорода значительно увеличивает энергетический потенциал этого рабочего тела. Кроме того, водород может быть подогрет практически до любой температуры, которая ограничивается только прочностью рабочих лопаток водородной турбины, работающей

в более легких условиях, чем рабочие лопатки газовой турбины.

2. Обеспечить достижение самолетами, оборудованными этими двигателями, гиперзвуковых скоростей M=5…10.

3. Повысить высотность двигателя.

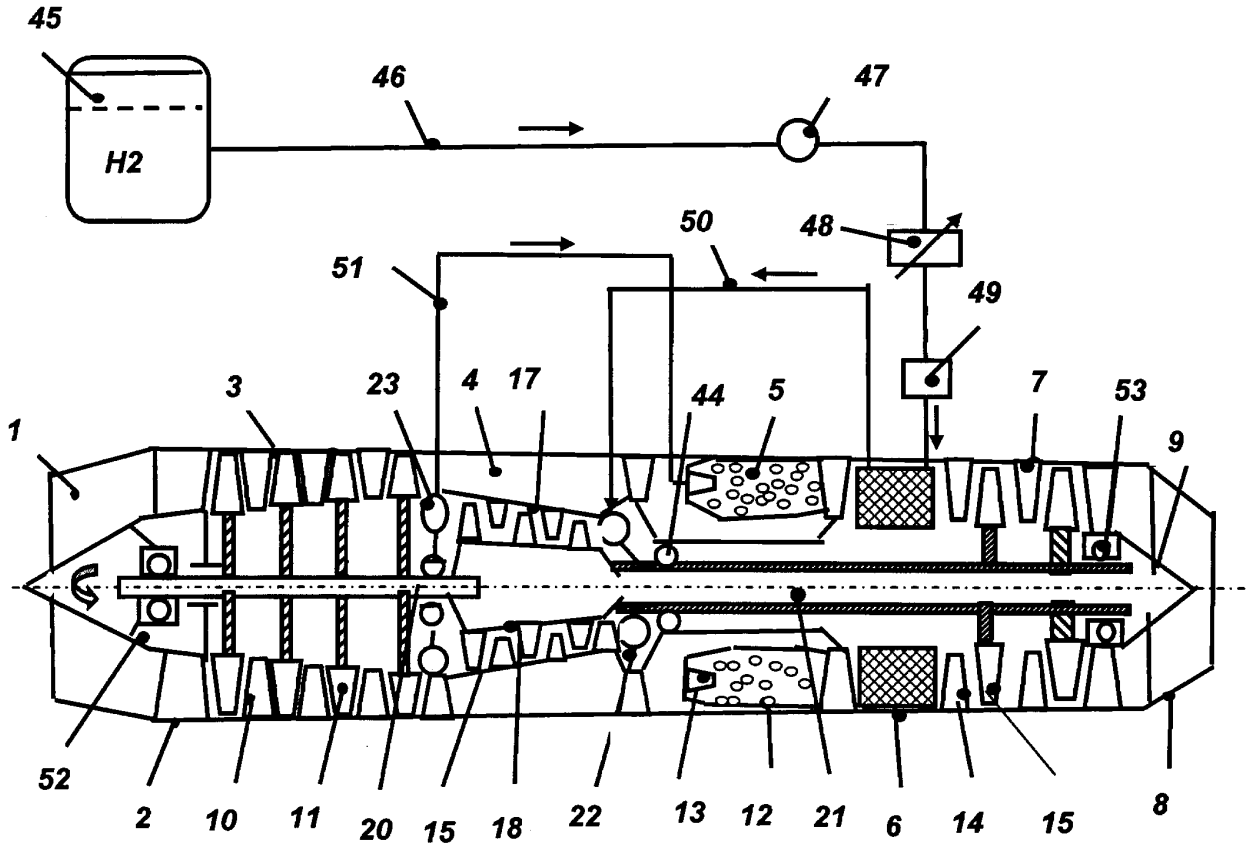
4. Увеличить надежность двигателя за счет применения биротативной водородной турбины, в которой значительно снижены центробежные нагрузки. Применение двух компрессоров, вращающихся в противоположные стороны, позволяет уменьшить вредное влияние гироскопических моментов на опоры двигателя.

5. Оптимизировать работу двух компрессоров за счет применения двухвальной схемы двигателя.

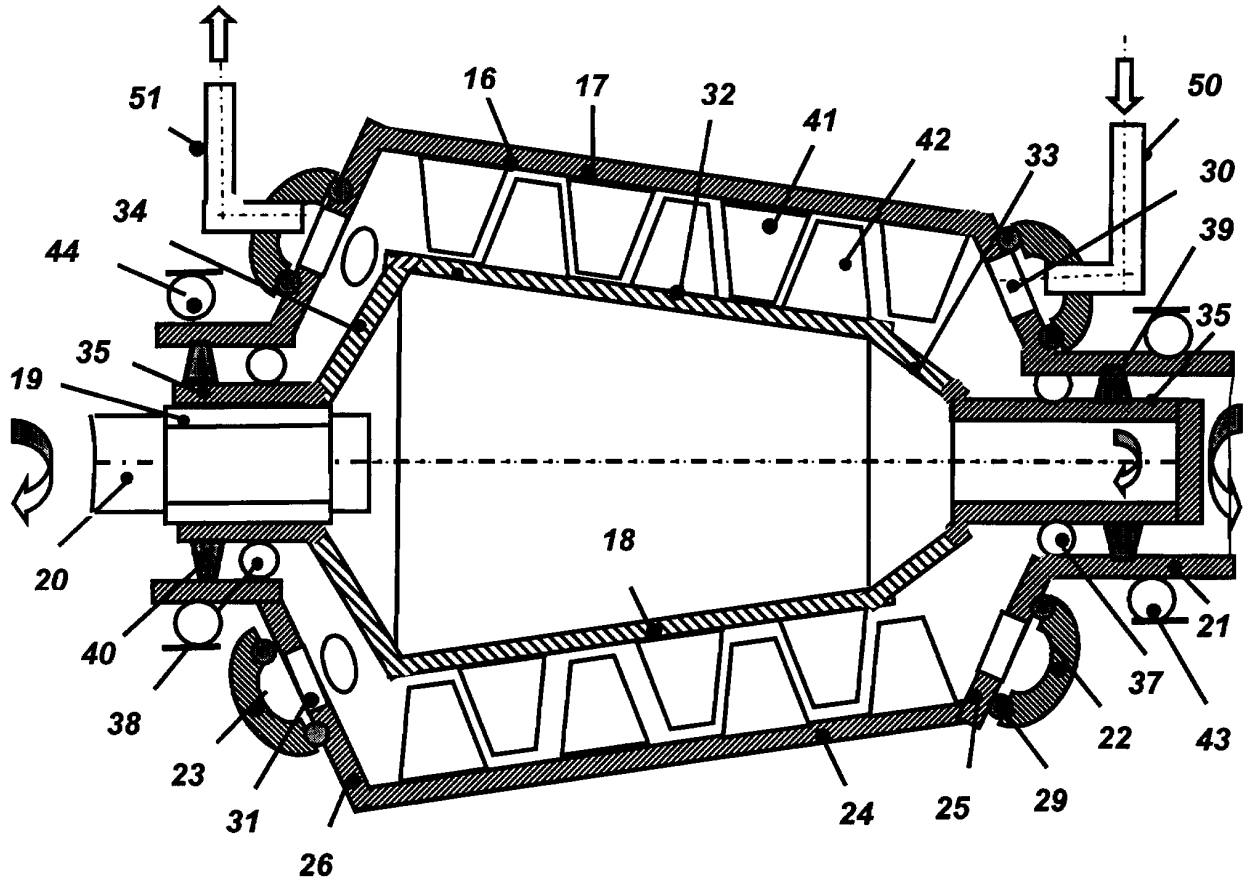
Формула изобретения

1. Водородный газотурбинный двигатель, содержащий воздухозаборник, корпус, компрессор с ротором компрессора, имеющим вал, камеру сгорания, установленную за компрессором и соединенную с ним воздушным трактом, и реактивное сопло, отличающийся тем, что между компрессором и камерой сгорания внутри воздушного тракта, соединяющего компрессор и камеру сгорания, установлена биротативная водородная турбина, которая имеет внешний и внутренний роторы, входной и выходной коллекторы и второй вал, соединенный с внешним ротором, внутренний ротор соединен с валом ротора компрессора, а за камерой сгорания установлен теплообменник, вход которого соединен с топливопроводом, а выход - с входным коллектором биротативной водородной турбины, выходной коллектор биротативной водородной турбины соединен трубопроводом с основной камерой сгорания, на выходе из теплообменника установлен второй компрессор, при этом биротативная водородная турбина и второй компрессор соединены вторым валом.

2. Водородный газотурбинный двигатель по п. 1, отличающийся тем, что реактивное сопло выполнено сверхзвуковым.


45
H2
46
47
48
50
51
49
1
3
23
4
17
44
5
7
53
9
52
2
10
11
20
15
18
22
13
12
21
6
14
15
8

Фиг. 1


51
16
17
32
41
42
33
50
30
34
44
39
35
35
19
18
20
40
38
23
31
26
24
25
29
22
37
21
43

Фиг. 2