

Винахід стосується газової турбіни, а також способу її експлуатації, до камери згоряння якої підводять стиснуте повітря, причому підведене до газової турбіни стиснуте повітря нагрівають.

Як випливає з технічного рішення до DE-PS4336143, відомо викликання підвищеного коефіцієнта корисної дії за рахунок охолодження робочого середовища в турбіні. Далі з DE-PS2836539 відомо, що для охолодження камери згоряння застосовують вихідне повітря компресора. Для запобігання втрат коефіцієнта корисної дії підігріте при цьому вихідне повітря компресора вводять у камеру згоряння.

Далі при експлуатації газової турбіни її охолоджують. Для цього з документа "Motortechnische Zeitschrift", 49(1988), стор. 239-240 відомо направлення застосовуваного для охолодження в газовій турбіні з відкритим повітряним охолодженням охолодного повітря через турбінні лопатки. При цьому частину стиснутого повітря використовують у якості охолодного повітря, яке виходить у турбіні з відкритих турбінних лопаток і домішується до потоку димового газу.

Внаслідок витікання холодного повітря з напрямних і робочих лопаток турбіни відкрите повітряне охолодження лопаток турбіни приводить, однак, до зниження температури димових газів всередині і на стороні потоку, що стікає, після турбіни. За рахунок цього коефіцієнт корисної дії газової турбіни і, таким чином, зокрема, також загальний коефіцієнт корисної дії комбінованої газо- і паротурбінної установки, в якій після газової турбіни включений паротурбінний процес, є погіршеним або тільки обмеженим.

Відома газова турбіна з компресором, камерою згоряння і турбіною, а також трубопроводом охолодного повітря для підведення охолодженого повітря у турбіну, а також із трубопроводом свіжого повітря для підведення стиснутого повітря у камеру згоряння (див. пат. США №5 394 687, МПК⁶ F02C 6/18, опубл. 07.03.95).

Вказана газова турбіна найбільш близька за сукупністю ознак до винаходу, тому вона є найближчим аналогом.

Недоліком такої газової турбіни є зниження температури димових газів, що приводить до погіршення коефіцієнта корисної дії газової турбіни і, таким чином, зокрема, також погіршення загального коефіцієнту корисної дії комбінованої газо- і паротурбінної установки. Це відбувається тому, що передане охолодженню повітря тепло не може повертатися у процес винятково через охолодне повітря й у підходящому місці. Це не може відбуватися через повернення або введення тепла перед процесом або, відповідно, безпосередньо у процес згоряння.

В основу винаходу поставлено задачу створити таку газову турбіну, за допомогою якої досягається особливо високий коефіцієнт П корисної дії.

Задача, яка була поставлена згідно з винаходом щодо газової турбіни з компресором, камерою згоряння і турбіною, а також трубопроводом охолодного повітря для підведення охолодженого повітря у турбіну, а також із трубопроводом свіжого повітря для підведення стиснутого повітря у камеру згоряння вирішується тим, що турбіна включена на стороні охолодженого повітря у трубопровід охолодженого повітря, який включений паралельно трубопроводу свіжого повітря.

Крім того, стосовно винаходу нагріте у турбіні охолоджене повітря є таким, що подається у розташований між компресором і камерою згоряння трубопровід свіжого повітря.

Крім того, стосовно винаходу передбачений підключений до трубопроводу свіжого повітря вихідний трубопровід для нагрітого охолодженого повітря, що витікає з турбіни.

Крім того, стосовно винаходу трубопровід охолодного повітря підключений до напірної сторони компресора.

Крім того, стосовно винаходу у трубопровід охолодженого повітря включений бустер.

Крім того, стосовно винаходу до трубопроводу охолодженого повітря підключені вхідні трубопроводи, кожний з яких входить в один ряд лопаток турбіни.

Крім того, стосовно винаходу в газовій турбіні передбачена відповідній кількості вхідних трубопроводів кількість вихідних трубопроводів для нагрітого охолодного повітря.

Крім того, стосовно винаходу в газовій турбіні для напрямку охолодженого повітря передбачена замкнута система каналів через ряди лопаток турбіни і/або через вал турбіни і/або через корпус турбіни.

Переваги, що досягаються винаходом, складаються, зокрема, у тому, що шляхом підведення нагрітого охолодженого повітря в камеру згоряння газової турбіни досягається підвищення температури приводу тепла і підвищення температури газу, що відходить, а також зменшення витрати палива при одночасному підвищенні коефіцієнта корисної дії. Виконана таким чином газова турбіна є особливо придатною для використання в комбінованій газо- і паротурбінній установці.

Також відомий спосіб експлуатації газової турбіни, до камери згоряння якої підводять стиснуте повітря, причому підведене до газової турбіни охолодне повітря нагрівають (див. пат. США №5 394 687, МПК⁶ F02C 6/18, опубл. 07.03.95).

Вказаний спосіб експлуатації газової турбіни найбільш близький за сукупністю ознак до винаходу, тому він є найближчим аналогом.

Однак, при експлуатації газової турбіни таким способом відбувається зниження температури димових газів, що приводить до погіршення коефіцієнта корисної дії газової турбіни і, таким чином, зокрема, також погіршення загального коефіцієнту корисної дії комбінованої газо- і паротурбінної установки.

В основу винаходу поставлено задачу створити такий спосіб експлуатації газової турбіни, за допомогою якого є можливість підвищити коефіцієнт корисної дії. Це може відбуватися через повернення або введення тепла перед процесом або, відповідно, безпосередньо у процес згоряння.

Задача, яка була поставлена згідно з винаходом щодо способу експлуатації газової турбіни, до камери згоряння якої підводять стиснуте повітря, причому підведене до газової турбіни охолоджене повітря нагрівають, вирішується тим, що стиснуте повітря розділяють на два часткових потоки, причому перший

частковий потік направляють безпосередньо в камеру згоряння і причому другий частковий потік служить в якості охолодженого повітря для турбіни, причому щонайменше частина нагрітого в турбіні охолодного повітря направляють у камеру згоряння.

Крім того, згідно способу нагріте охолодне повітря добавляють до стиснутого повітря.

Крім того, згідно способу охолодне повітря протікає через одну або кожну лопатку турбіни у контурі охолодження.

Крім того, згідно способу охолоджене повітря, щонайменше, частково протікає через вал турбіни і/або корпус турбіни.

Винахід при цьому виходить із міркування використання для підвищення коефіцієнта корисної дії переданого при охолодженні тепла, не охолоджуючи при цьому газ, що відходить із газової турбіни. Для цього передане охолоджену повітрю тепло повинне особливо ефективно повертатися у процес винятково через охолоджене повітря й у підходящому місці. Це може відбуватися через повернення або введення тепла перед процесом або, відповідно, безпосередньо у процес згоряння.

Нагріте охолоджене повітря підводять до камери згоряння переважно разом із стиснутим повітрям. Примушування відбувається доцільно перед камерою згоряння. Уведення нагрітого охолодного повітря обумовлює безпосередній підігрів повітря для спалювання і, тим самим, економію палива. Крім того, примушування нагрітого охолодженого повітря до стиснутого повітря приводить до підвищення середньої температури розширення і, за рахунок цього, до підвищення потужності турбіни й температури газу, що відходить. Більш висока температура газу, що відходить, поліпшує, крім того, загальний коефіцієнт корисної дії комбінованої газо- і паротурбінної установки.

Для досягнення ефективного використання охолодженого повітря в газовій турбіні в якості охолодного повітря використовують частину стиснутого повітря. Відібране від компресора охолоджене повітря протікає, наприклад, у замкнутій системі каналів як через лопатки турбіни, так і, доцільно, через вал турбіни і/або корпус турбіни. Охолоджене повітря протікає, доцільно, через одну або кожну лопатку турбіни, зокрема, напрямні або робочі лопатки турбіни в контурі охолодження. При цьому охолоджене повітря від температури порядку 450-500°C перед лопатками турбіни нагрівається до температури порядку 650-700°C після лопаток турбіни. Введення в камеру згоряння нагрітого охолодженого повітря разом із стиснутим повітрям приводить при постійній температурі горіння до підвищення температури приводу тепла.

Приклади виконання винаходу пояснюються більш докладно за допомогою креслень. При цьому на фігурах показано:

фіг.1 - схематично газова турбіна із замкнутою системою охолодженого повітря, фіг.2 і 3 - газова турбіна згідно з фіг.1 із безліччю вхідних і вихідних трубопроводів для охолодженого повітря або, відповідно, із безліччю трубопроводів охолодженого повітря і фіг.4 - напрямна і робоча лопатка турбіни відповідно до фігури 1 із каналами охолодження.

На усіх фігурах однакові частини оснащені однаковими позиціями для посилання.

Газова турбіна 1 згідно з фігурою 1 містить турбіну 2 із з'єднанням через вал турбіни 3 повітряним компресором 4 і генератор 6. Вона містить далі підключену перед турбіною 2 камеру згоряння 8. Повітряний компресор 4 містить на стороні усмоктування усмоктувальний трубопровід 10 і на напірній стороні трубопровід охолодного повітря 12, який входить у турбіну 2. У трубопроводі охолодженого повітря 12 включений компресор або бустер 14. Повітряний компресор 4 містить, крім того, на напірній стороні трубопровід свіжого повітря 16, який входить у камеру згоряння 8. До турбіни 2 підключений трубопровід 18 для нагрітого охолодженого повітря HKL, який з'єднаний із вхідним у камеру згоряння 8 трубопроводом свіжого повітря 16. Турбіна 2 містить, крім того, трубопровід газу 20, що відходить. Трубопровід димового газу 22 з'єднує камеру згоряння 8 із турбіною 2.

При експлуатації газової турбіни 1 до камери згоряння 8 через трубопровід для палива 24 підводять копалинне паливо BS, наприклад, природний газ або кам'яновугільний газ. Паливо BS спалюють у камері згоряння 8 разом із свіжим повітрям FL, яке є сумішшю зі стиснутого повітря VAL із повітряного компресора 4 і нагрітого охолодженого повітря HKL із турбіни 2. Виникаючий при згорянні гарячий димовий газ або робоче середовище RG направляється по трубопроводу димового газу 22 у турбіну 2. Там димовий газ RG розширюється й пускає вхід турбіну 2. Вона у свою чергу пускає вхід повітряний компресор 4 і генератор 6. Димовий газ RG покидає турбіну 2 у якості газу AG, що відходить, і по трубопроводу газу 20, що відходить, у напрямку (не показаного) димаря. Газ AG, що відходить, може також використовуватися відомим по собі, не поданим більш докладним способом для виробництва пару в парогенераторі на теплі, що відходить, паротурбінної установки.

Димовий газ RG має при вході в турбіну 2 високу температуру T_1 більш 1100 °C. Тому деталі турбіни 2, зокрема, лопатки турбіни (фігура 4) повинні охолоджуватися. Для охолодження відбирають або відгалужують частину стиснутого повітря VAL на напірній стороні повітряного компресора 4 в якості охолодного засобу KL. Охолоджений засіб, тобто охолоджене повітря KL, підводять по трубопроводу охолодженого повітря 12 до турбіни 2. Для компенсації втрат тиску в трубопроводі охолодженого повітря 12 включений бустер 14.

За рахунок прямого теплообміну між гарячим димовим газом RG і охолодженим повітрям KL у турбіні 2, зокрема, у лопатках турбіни (фігура 4) охолодне повітря KL нагрівається. Нагріте охолоджене повітря HKL відбирають від турбіни 2 по трубопроводу 18.

Трубопровід 18 для нагрітого охолодного повітря HKL підключений до трубопроводу свіжого повітря 16 перед камерою згоряння 8. Там нагріте охолоджене повітря HKL безпосередньо підмішують до стиснутого повітря VAL. За рахунок підмішування стиснуте повітря VAL нагрівається від температури T_2 порядку 450°C

до температури T_3 порядку 550°C . Цю підігріту повітряну суміш підводять в якості свіжого повітря FL до камери згоряння 8.

Вихідний із повітряного компресора 4 трубопровід охолодженого повітря 12, контури охолодження через лопатки турбіни (фігура 4), трубопровід 18 для нагрітого охолодженого повітря НКЛ і вихідний із повітряного компресора 4 трубопровід свіжого повітря 16 творять замкнуту систему охолодженого повітря 26.

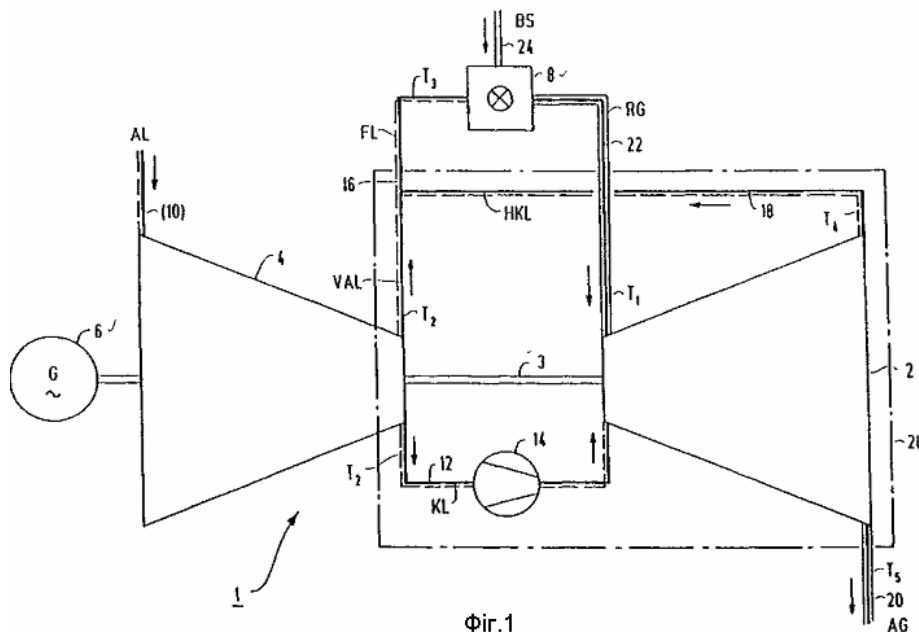
Фігура 2 показує газову турбіну 1 згідно з фігурою 1 із замкнутою системою охолодженого повітря 26' для всіх рядів напрямних лопаток 30 і рядів робочих лопаток 32 турбіни 2. Для охолодження всіх напрямних і робочих лопаток до трубопроводу охолодженого повітря 12 на напірній стороні бустера 14 підключено безліч окремих вхідних трубопроводів 34. Кожний вхідний трубопровід 34 входить в один ряд лопаток турбіни 30, 32. Кожному вхідному трубопроводу 34 доданий у відповідність окремо вихідний від відповідного ряду лопаток турбіни 30, 32 вихідний трубопровід 36 для нагрітого охолодженого повітря НКЛ. Для замикання системи охолодженого повітря 26', один або кожний вихідний трубопровід 36 підключений до трубопроводу 18 для нагрітого охолодженого повітря НКЛ.

Фігура 3 показує газову турбіну 1 згідно з фігурою 1 із частково замкнутою системою охолодженого повітря 26", в якій використовують тільки нагріте охолоджене повітря НКЛ із рядів напрямних лопаток 30. Для цього такі від трубопроводу охолодженого повітря 12 відгалужується на напірній стороні бустера 14 безліч вхідних трубопроводів 34', причому, відповідно, один вхідний трубопровід 34' веде до одного з рядів напрямних лопаток турбіни 30. На противагу до приклада виконання згідно з фігурою 2 тут тільки вхідним трубопроводам 34', що ведуть в один або кожний ряд напрямних лопаток 30, доданий у відповідність відповідно один вихідний трубопровід 36'. Кожний вихідний трубопровід 36' знову підключений до трубопроводу 18 для нагрітого охолодженого повітря НКЛ.

Ряди робочих лопаток 32 охолоджуються відкритим повітряним охолодженням. Кожному ряду робочих лопаток 32 доданий у відповідність окремий, вихідний із повітряного компресора 4 трубопровід охолодженого повітря 12'. Охолоджене повітря KL при цьому тече в турбіну 2 через відкриті робочі лопатки рядів робочих лопаток 32 у (не показаний) потік димового газу.

Фігура 4 показує напрямну лопатку 37 і робочу лопатку 38 турбіни 2 із каналами охолодження 40, 40' контуру охолодження 41 або, відповідно, 41'. Ця напрямна лопатка 37 або кожна напрямна лопатка 37 охолоджується за допомогою охолодженого повітря KL, що направляється в контурі охолодження 41'. При цьому охолодне повітря KL, що направляється через трубопровід охолодженого повітря 12 і вхідний трубопровід 34, 34' до цієї напрямної лопатки 37 або до кожної напрямної лопатки, направляють через передбачені в корпусі турбіни 42 канали 43. Охолоджене повітря KL, що направляється до цієї або кожної робочої лопатки 38, направляють через передбачені у валі турбіни, канали 44.

Стиснуте повітря VAL із температурою T_2 порядку від 450°C до 500°C змішують разом із нагрітим охолодженням повітрям HKL із температурою T_4 порядку від 650°C до 700°C так, що температура T_3 свіжого повітря FL становить розмір порядку від 550°C до 600°C . Це приводить до особливо високої температури приводу тепла в камері згоряння 8, до підвищення середньої температури розширення і до зменшення витрати палива. Після надходження димового газу RG у турбіну 2 температура димового газу RG зменшується співвісна уздовж рядів лопаток турбіни 30, 32 по окремих ступенях тиску турбіни 2 так, що температура 15, газу AG, що відходить, становить 600°C . Ця температура T_5 лежить, таким чином, вище, ніж температура порядку 550°C газу, що відходить, відомих газових турбін.



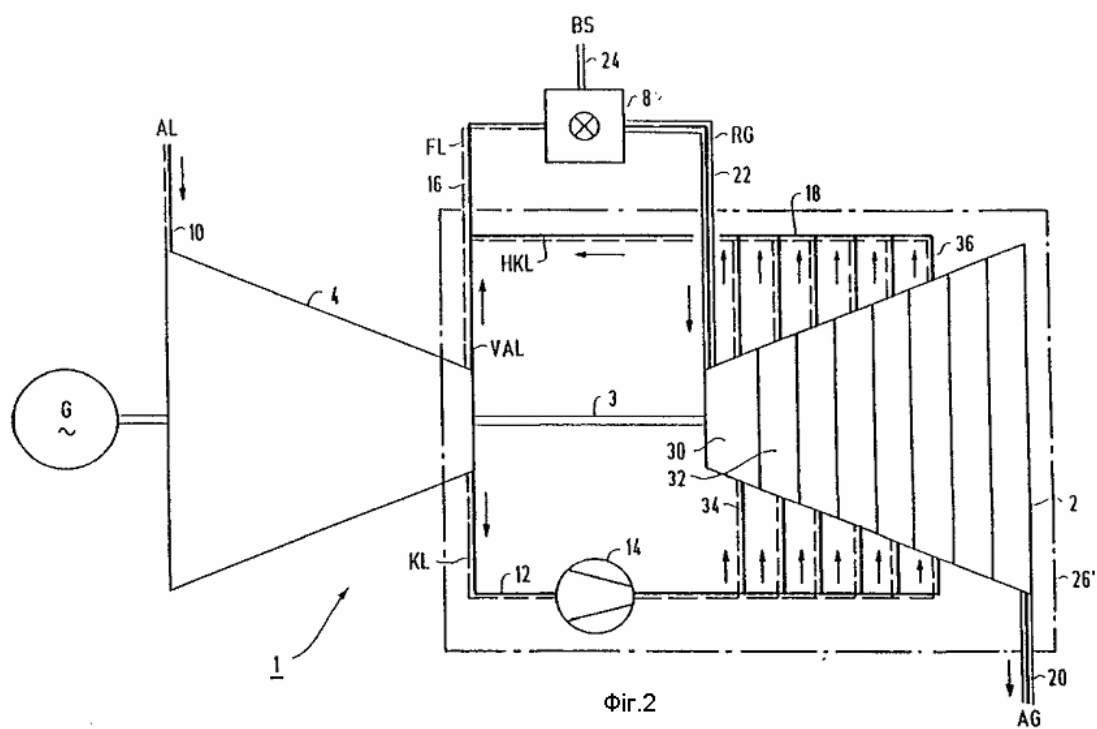


Fig. 2

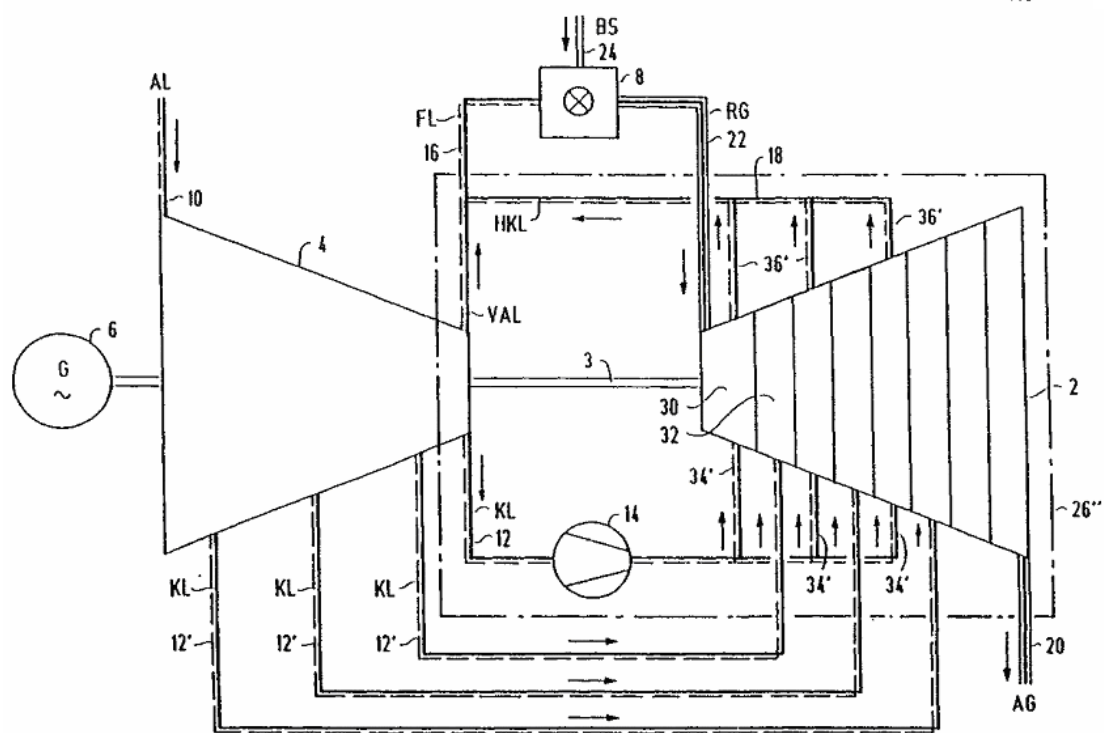


Fig. 3

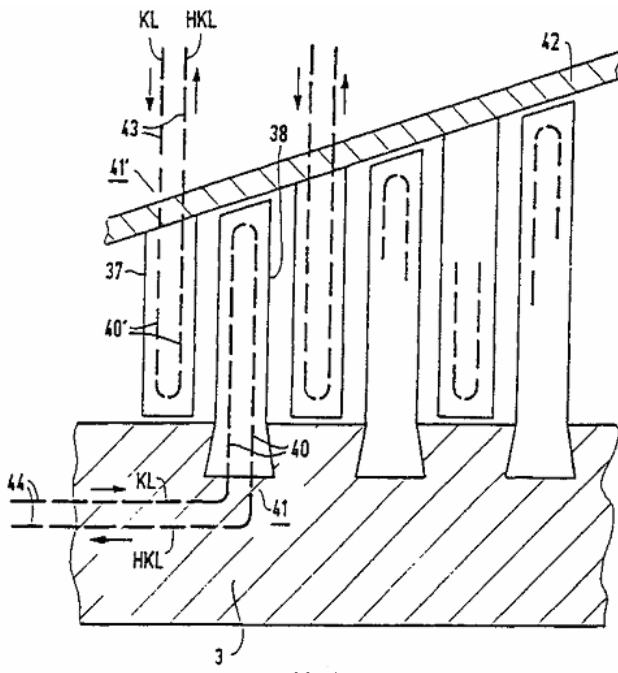


Fig. 4