



УКРАЇНА

(19) UA (11) 79451 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
F01D 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ ДОЦЕНТРОВОЇ ТУРБІНИ З БЕЗЛОПАТКОВИМ НАПРАВЛЯЮЧИМ АПАРАТОМ

1

2

(21) 20040907860

(22) 27.09.2004

(24) 25.06.2007

(46) 25.06.2007, Бюл. № 9, 2007 р.

(72) Петросянц Вартан Андронікович, Карнаухов  
Юрій Йосипович, Марченко Андрій Петрович, Са-  
мойленко Дмитро Євгенович(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-  
ЛЬНІСТЮ "ТУРБО-ВЕСТА"

(56) US 3552876, 1971

EP 0096624, 1983

US 4177005, 1979

RU 2131981, 1999

GB 2105789, 1983

(57) Спосіб регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом, що заснований на регулюванні пропускної здатності турбіни шляхом зміни площі прохідного перерізу розгінної ділянки завитки, який відрізняється тим, що зміну площі прохідного перерізу розгінної ділянки завитки безлопаткового направляючого апарата здійснюють за рахунок криволінійно-поступального руху профільованого елемента по або проти потоку газу, що входить у завитку, при цьому геометричну форму, розташування і величину площі прохідного перерізу розгінної ділянки завитки безлопаткового направляючого апарата визначають криволінійно-поступальним рухом профільованого елемента.

Винахід відноситься до області турбінобудування, а саме до способів регулювання доцентрової турбіни (радіально-осьових або діагональних) з безлопатковим направляючим апаратом (БНА), і може бути використаний, наприклад, в агрегатах наддуву ДВЗ.

Відомий спосіб регулювання доцентрової турбіни, що має лопатковий направляючий апарат, при якому пропускну здатність (витратну характеристику) турбіни регулюють за рахунок повороту лопаток соплового апарата турбіни, змінюючи при цьому площу прохідного перетину направляючого апарата [1].

Загальними ознаками відомого і способу, що заявляється, є те, що регулювання пропускної здатності здійснюють за рахунок зміни площі прохідного перетину направляючого апарата.

Недоліком відомого способу регулювання є його складність, що обумовлена необхідністю виконання високотехнологічного механізму одночасного повороту декількох направляючих лопаток. Крім того, цей спосіб регулювання відноситься до доцентрових турбін з лопатковим направляючим апаратом і не може бути використаний для регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом.

Найбільш близьким по технічній сутності до

пропонованого є відомий спосіб регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом, обраний як прототип, при якому здійснюють регулювання пропускної здатності турбіни шляхом зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА. При цьому, на розгінній ділянці завитки встановлюють поворотну заслінку, що представляє собою пластину, розташовану на його крайці з боку вхідного у завитку газу. Зміну площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА здійснюють за рахунок обертального руху навколо осі поворотної заслінки, зменшуючи або збільшуючи площу прохідного перетину [див. рис.8а, б] [2].

Загальними ознаками відомого і способу, що заявляється, є те, що регулювання пропускної здатності доцентрової турбіни здійснюють шляхом зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА.

Недоліком відомого способу регулювання турбіни по прототипу є суттєве зниження ККД турбіни у всьому діапазоні регулювання пропускної здатності унаслідок використання для зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА поворотної заслінки із-за появи на її вихідній крайці додаткової дисипації енергії, обумовленої зривами потоку газу, що входить у завитку БНА. Як

(13) C2

(11) 79451

(19) UA

впливає з представлених дослідних даних [рис.8в, криві 1, 2, 3 [2]] при зменшенні пропускної здатності турбіни на 30% у порівнянні з номінальною, ККД турбіни знижується на 20...26%.

В основу винаходу поставлена задача створення ефективного способу регулювання доцентрової турбіни з БНА, у якому за рахунок іншого способу зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА досягається практично повна відсутність додаткової дисипації енергії газу в ній при регулюванні за рахунок плавності зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА, що забезпечує при цьому одержання постійного високого ККД турбіни у всьому діапазоні її регулювання по пропускній здатності.

Зокрема, для дизельного двигуна з турбонаддувом таке регулювання пропускної здатності турбіни турбокомпресора по швидкісній характеристиці двигуна дає значне зниження середньоексплуатаційної витрати палива і поліпшення його екологічних характеристик.

Поставлена задача досягається тим, що в способі регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом, що заснований на регулюванні пропускної здатності турбіни шляхом зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки безлопаткового направляючого апарата, відповідно до винаходу, зміну площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки безлопаткового направляючого апарата здійснюють за рахунок криволінійно-поступального руху профільованого елемента по або проти потоку газу, що входить у завитку, при цьому геометричну форму, розташування і величину площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки безлопаткового направляючого апарата визначають криволінійно-поступальним рухом профільованого елемента.

Від прототипу винахід, що заявляється, відрізняється наступними ознаками:

- регулювання пропускної здатності турбіни здійснюють за рахунок криволінійно-поступального руху профільованого елемента;

- криволінійно-поступальний рух профільованого елемента здійснюють у 2-х напрямках: по потоку газу, що входить у завитку БНА турбіни, або проти нього в залежності від необхідності зменшення або збільшення величини площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА;

- криволінійно-поступальний рух профільованого елемента визначає геометричну форму, розташування і величину площі прохідного перетину кінця розгінної ділянки завитки БНА турбіни.

У результаті використання винаходу, що заявляється, забезпечується технічний результат, який полягає в практично повній відсутності додаткової дисипації енергії газу за рахунок плавності зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА, що забезпечує при цьому одержання постійного високого ККД турбіни у всьому діапазоні її регулювання по пропускній здатності.

Між суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, і технічним результатом, який досягається, існує такий причинно-наслідковий зв'язок.

Криволінійно-поступальний рух елемента, що є профільованим, дозволяє здійснювати плавну зміну площі прохідного перетину розгінної ділянки

завитки у всьому діапазоні регулювання, що виключає тим самим дисипацію енергії газу через зриви потоку газу, що входить у завитку БНА, і, відповідно, істотне зниження ККД турбіни. Рух профільованого елемента по потоку газу, що входить у завитку БНА турбіни, або проти нього дозволяє плавно зменшувати або збільшувати величину площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА, сприяючи практичній відсутності додаткової дисипації енергії газу у завитці, що також, у порівнянні з прототипом, значно збільшує ККД турбіни у всьому діапазоні регулювання. Можливість задавати розташуванням профільованого елемента при його криволінійно-поступальному русі величину, форму і площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА турбіни дозволяє підвищити ефективність регулювання за рахунок раціонального підбору геометричних параметрів такого перетину.

За наявними в заявника відомостями, сукупність суттєвих ознак, що характеризують сутність винаходу, що заявляється, не відома, виходячи з наявного рівня техніки, що дозволяє зробити висновок про його відповідність критерієві "новизна". На думку заявника для фахівця в області турбінобудування, зокрема виробництва агрегатів наддуву ДВЗ, сутність винаходу, що заявляється, не впливає явно з рівня техніки, тому що з нього не виявляється сукупність суттєвих ознак і їхній вплив на технічний результат, що досягається. Це дозволяє зробити висновок про відповідність способу, що заявляється, критерієві "винахідницький рівень". Спосіб регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом, що заявляється, може бути багаторазово використаний у виробництві радіально-осьових і діагональних турбін з одержанням очікуваного технічного результату, що дозволяє зробити висновок про відповідність винаходу критерієві "промислова придатність". Таким чином, спосіб регулювання доцентрової турбіни, що заявляється, є технічним рішенням, яке задовольняє всім умовам патентоспроможності винаходу.

Сутність винаходу пояснюється кресленням (Фіг.1), на якому представлено схематичне зображення доцентрової турбіни з БНА, на Фіг.2 зображена залежність площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА від переміщення профільованого елемента, на Фіг.3 показані залежності відносної зміни ККД турбіни  $\Delta \eta$  від відносної приведеної витрати газу  $\Delta G$  при регулюванні турбіни при декількох фіксованих ступенях розширення газу  $\pi_t$ , а на Фіг.4 - графіки зміни показників ДВЗ по зовнішній швидкісній характеристиці при використанні пропонованого способу регулювання турбіни турбокомпресора (криві 1) і нерегульованої турбіни турбокомпресора (криві 2).

Пропонований спосіб регулювання доцентрової турбіни здійснюють таким чином.

На Фіг.1 позначено: 1 - завитка БНА, 2 - робоче колесо турбіни, 3 - профільований елемент.

Пропонований спосіб регулювання доцентрової турбіни з БНА заснований на регулюванні пропускної здатності турбіни. Доцентрова турбіна з БНА містить рухливий профільований елемент 3, що розташований у завитці 1 в районі розгінної

ділянки (див. Фіг.1). Зміну площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки 1 здійснюють за рахунок криволінійно-поступального руху профільованого елемента 3 по або проти потоку газу, що входить у завитку 1 БНА турбіни, зменшуючи або збільшуючи площу прохідного перетину завитки 1 БНА. При цьому геометричну форму, розташування і величину площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки 1 БНА визначають криволінійно-поступальним рухом профільованого елемента 3. Криволінійно-поступальний рух профільованого елемента 3 забезпечує плавну зміну площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки 1 БНА у всьому діапазоні його переміщень, у результаті чого додаткова дисипація енергії газу у завитці 1 БНА при регулюванні практично відсутня, що забезпечує високі значення ККД турбіни у всьому діапазоні регулювання.

Розглянемо варіант реалізації пропонованого способу регулювання доцентрової турбіни з БНА на прикладі доцентрової турбіни турбокомпресора для наддуву ДВЗ, що працює по швидкісній характеристиці. З випускного колектора ДВЗ газу, які відробили у циліндрах, надходять через завитку 1 БНА на робоче колесо 2 турбіни (див. Фіг.1), виробляючи потужність, що передається через вал на компресор турбокомпресора. Компресор, поглинаючи потужність турбіни, розвиває тиск наддуву у впускному колекторі ДВЗ, від величини якого залежать багато показників двигуна з турбонаддувом, зокрема паливна економічність і екологічні показники. Тиск газів у випускному колекторі, а отже, потужність турбіни і тиск наддуву, залежать від пропускної здатності турбіни, обумовленою площею прохідного перетину  $F$  розгінної ділянки завитки 1 БНА турбіни.

У випадку, коли ДВЗ укомплектований турбокомпресором з нерегульованою турбіною, площа прохідного перетину  $F$  розгінної ділянки завитки 1 БНА турбіни підбирається таким чином, щоб забезпечити оптимальну величину тиску наддуву на номінальній або близькій до нього потужності двигуна. Однак при роботі двигуна в умовах реальної експлуатації по швидкісній характеристиці відбувається неузгодженість витратних характеристик двигуна і турбіни турбокомпресора, у результаті чого на часткових режимах тиск наддуву виявляється суттєво нижче оптимальних значень, що приводить до перевитрати палива і погіршенню екологічних показників двигуна.

Відповідно до винаходу, що заявляється, оптимальні величини тиску наддуву на часткових режимах роботи двигуна по швидкісній характеристиці досягаються шляхом зміни величини площі прохідного перетину  $F$  (Фіг.2) розгінної ділянки завитки 1 БНА за рахунок криволінійно-поступального руху профільованого елемента 3 (див. Фіг.1). При зниженні потужності двигуна, профільований елемент 3 переміщається у завитці 1 по потоку, плавно зменшуючи площу прохідного перетину  $F$  завитки до значення, наприклад,  $F_2$  і, навпаки, при підвищенні потужності двигуна, профільований елемент 3 переміщається у завитці 1 проти потоку, плавно збільшуючи перетин розгінної ділянки завитки 1 БНА до значення, наприклад,  $F_1$  (Фіг.2). При цьому, профільований елемент 3

може займати як по потоку, так і проти потоку не тільки положення, що забезпечують максимальну і мінімальну площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки 1 БНА, але також безліч інших положень між ними по траєкторії свого руху в процесі регулювання пропускної здатності турбіни.

Таким чином, при роботі двигуна по швидкісній характеристиці забезпечується оптимальний тиск наддуву на всіх режимах, залежність якого від навантаження двигуна неважко визначити задаючи геометрію завитки 1, профілю профільованого елемента 3 і його переміщень. Аналогічно, пропонований винахід може бути використаний і при роботі двигуна по інших характеристиках - навантажувальним, регуляторним.

Пропонований спосіб регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом був реалізований у конструкції турбокомпресора ТКР-8,5ТВ-02 і досліджений на безмоторному стенді шляхом зняття характеристик турбіни в широкому діапазоні зміни витрати газу при фіксованому ступені розширення  $\pi_T$  й оптимальному значенні характеристичного числа турбіни  $U/Co=0,67$ .

Як видно з графіків (Фіг.3), величина ККД турбіни  $\Delta \eta$  змінюється в діапазоні  $\pm 2\%$  при зміні відносного приведеної витрати газу  $\Delta \bar{G}$  до 30% шляхом регулювання площі прохідного перетину  $F$  розгінної ділянки завитки 1 БНА профільованим елементом 3 відповідно до винаходу. Незначна зміна ККД турбіни в широкому діапазоні регулювання пропускної здатності підтверджує ефективність способу, що заявляється.

Іншим, більш суттєвим, доказом ефективності пропонованого способу регулювання доцентрової турбіни є проведені моторні випробування 6-ти циліндрового V-образного двигуна СМД-62 з турбокомпресором ТКР-8,5ТВ-02, які показали, що пропонований спосіб регулювання доцентрової турбіни дозволив суттєво поліпшити показники двигуна по зовнішній швидкісній характеристиці. Як видно з графіків (Фіг.4), за рахунок використання в турбіні турбокомпресора регулювання пропускної здатності по пропонованому способу (криві 1) у порівнянні з нерегульованою турбіною турбокомпресора (криві 2), питома ефективна витрата палива двигуна  $g_e$  на режимах знижених частот обертання колінчатого вала знижується на 7...12г/квт·год. Зазначений ефект досягається тим, що при неузгодженості витратних характеристик двигуна і турбіни турбокомпресора на часткових навантаженнях, криволінійно-поступальний рух у завитці профільованого елемента по і проти потоку, регулює пропускну здатність турбіни за рахунок плавної зміни площі прохідного перетину розгінної ділянки завитки БНА, що приводить до збільшення ККД турбокомпресора  $\eta_{ткр}$ , тиску наддуву  $P_k$ , і як наслідок, коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$  і індикаторного ККД двигуна  $\eta_i$ . При цьому, за рахунок збільшення коефіцієнта надлишку повітря на часткових режимах, поліпшуються екологічні показники двигуна.

Таким чином, спосіб регулювання доцентрової турбіни з безлопатковим направляючим апаратом, що заявляється, дозволить поліпшити техніко-економічні показники установок з доцентровими турбінами.

Проведені випробування доцентрової турбіни по пропонованому способу її регулювання відповідно до винаходу підтвердили одержання очікуваного технічного результату і позитивного ефекту.

Джерела інформації:

1. Турбодвигатели и компрессоры: Справ, пособие

/ Г. Хак, Ланкабель. - М.: ООО "Издательство Астрель", 2003. - С.145.

2. Поветкин Г.М. и др. Основные направления повышения технико-экономических показателей тракторных двигателей. ЦНИИТЭИ, сер. "Тракторы и двигатели", 1989г., Вып.2, С.29-30 (прототип).

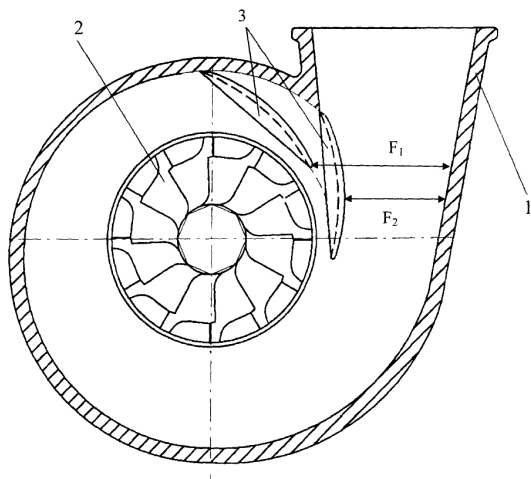


Fig. 1

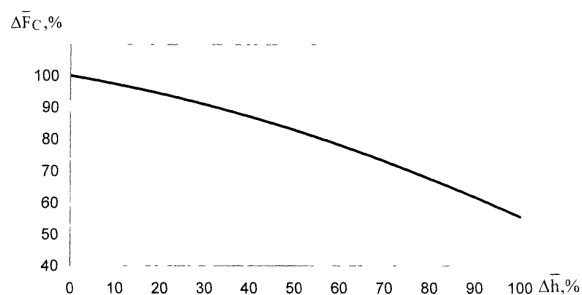


Fig. 2

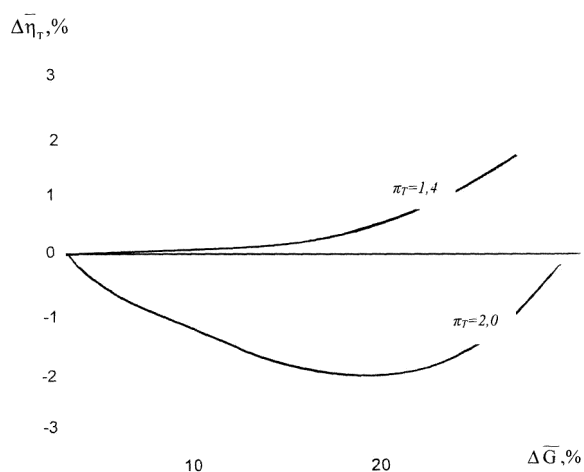


Fig. 3

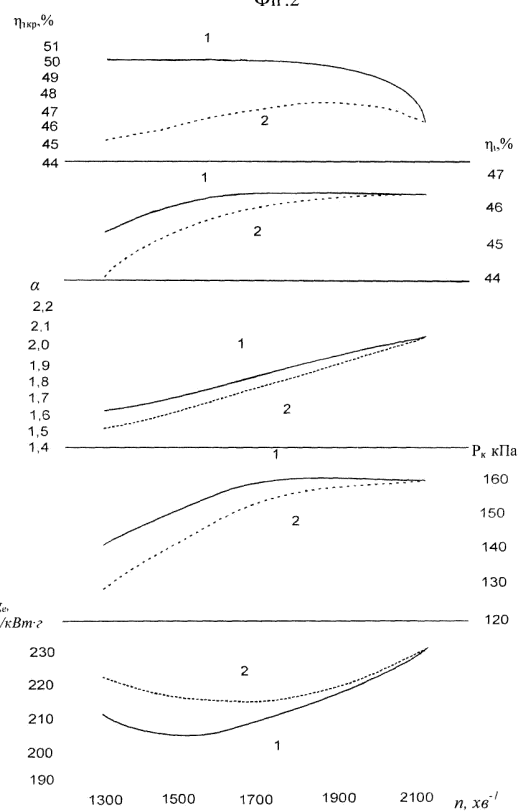


Fig. 4