



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **97735** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
**F25B 29/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2013 11010</b>	(72) Винахідник(и): <b>Коробко Володимир Владиславович (UA), Рижков Сергій Сергійович (UA), Трушляков Євгеній Іванович (UA), Коробко Олексій Володимирович (UA), Бобошко Віктор Олександрович (UA), Московко Олексій Олексійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>16.09.2013</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.04.2015</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.04.2015, Бюл.№ 7</b>	(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА, пр. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025 (UA)</b>

## (54) ТЕРМОАКУСТИЧНИЙ ДВИГУН

### (57) Реферат:

Термоакустичний двигун містить резонатор, в порожнині якого розташовані теплообмінники - нагрівач, регенератор (стек) та охолоджувач. Оснащений додатковим нагрівачем, який діє тільки до моменту старту ТАД.

UA 97735 U



Корисна модель належить до теплових двигунів, зокрема до двигунів з зовнішнім підводом тепла, і може бути використаний як привод для термоакустичних теплових насосів та рефрижераторів, генераторів електричної енергії та інше.

1. Відомо про технічне рішення [Патент США № US 2836033 (Heat-Controlled Acoustic Wave System W.A. Marrison, 1958)]: термоакустичний двигун, який складається з резонатора всередині якого розташовані теплообмінники - нагрівач і охолоджувач. Двигун генерує акустичну хвилю, для чого використовує зовнішні джерела теплової енергії - газові пальники.

Ознаки, які збігаються з істотними ознаками термоакустичного двигуна, що заявляється: ТАД складається з резонатора та теплообмінників - нагрівача та охолоджувача.

10 Причини, які перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

- відсутність регенератора (стека), який має міститись в порожнині резонатора між теплообмінниками, зумовлює низьку ефективність пристрою;
- висока температура нагрівача забезпечується за рахунок пальників з відкритим полум'ям, це є небезпечним та обмежує сферу використання пристрою.

15 2. Відомо про термоакустичний двигун [Патент США № US 4141380 (Traveling Wave Heat Engine, Ceperley, 1978)],

який складається з резонатора та теплообмінників: регенератора (стека), нагрівача та охолоджувача. Цей термоакустичний двигун для своєї роботи потребує теплову енергію, яка підводиться до нагрівача.

20 Ознаки, які збігаються з істотними ознаками термоакустичного двигуна, що заявляється: ТАД складається з резонатора, регенератора (стека), котрий міститься між теплообмінниками - нагрівачем і охолоджувачем.

Причини, які перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

25 - наявність тільки одного нагрівача, що обмежує нижній рівень робочого температурного діапазону ТАД.

Відомо про термоакустичний двигун [Design of Standing Wave Type Thermoacoustic Prime Mover for 300 Hz Operating Frequency.]. Ознаки, які збігаються з істотними ознаками термоакустичного двигуна, що заявляється: ТАД складається з резонатора, теплообмінники - нагрівач та охолоджувач та регенератор (стек).

30 Причини, які перешкоджають одержанню необхідного технічного результату:

- наявність тільки одного нагрівача обмежує нижній рівень робочого температурного діапазону ТАД.

За сукупністю ознак та конструктивних особливостей цей ТАД вибрано за прототип для пропонуваної корисної моделі.

35 Поставлена задача вирішується тим, що термоакустичний двигун, який включає резонатор, в порожнині якого розташовані регенератор (стек), теплообмінники - нагрівач та охолоджувач - оснащується додатковим нагрівачем (ДН), який може бути розташованим між регенератором і нагрівачем або вбудованим в нагрівач. ДН діє тільки на період запуску ТАД і має забезпечувати його запуск шляхом підвищення температури гарячої сторони регенератора (стека). Після запуску термоакустичний двигун продовжує самостійну роботу від наявного джерела теплової енергії, температура якого нижча, ніж температура запуску, яку забезпечив додатковий стартовий нагрівач.

Суть корисної моделі пояснює креслення.

45 На фіг. 1 наведено принципову схему запропонованого ТАД, який включає: регенератор (стек) - 1, нагрівач, далі "робочий нагрівач" (РН) - 2, охолоджувач - 3, які розташовані всередині резонатора - 4. До РН підводиться гарячий теплоносій з температурою  $T_1$  та витратою  $G_1$ , а охолоджувальний теплоносій прокачується скрізь охолоджувач з температурою  $T_2$  та витратою  $G_2$ . Сторона регенератора, яка розташована біля нагрівача, називається гарячою стороною, а сторона регенератора біля охолоджувача - холодною.

50 Коли температура  $T_1$  не перевищує нижньої порогової температури ( $T_{нпт}$ ), самочинні акустичні пульсації в резонаторі не виникають. Робочий нагрівач 2, завдяки наявним механізмам теплообміну, що мають місце в резонаторі ТАД, а саме теплопровідності та термоконвекції, підвищує температуру гарячої сторони регенератора (стека) 1. Частина цієї теплоти втрачається в довкілля, частина відводиться за допомогою охолоджувача 3. За цих умов існуючі механізми теплообміну не здатні забезпечити потрібні температури гарячої сторони регенератора та потік теплоти, яких було б достатньо для виникнення акустичних коливань та їх підтримки в подальшому.

60 На фіг.2 з часом, розподіл температур в ТАД досягає стаціонарного режиму, де лінія 1 - температура гарячої сторони регенератора та лінія 3 - температура поверхні робочого нагрівача 2.

Додатковий нагрівач (ДН) 5 має забезпечити швидке тимчасове підвищення температури робочого нагрівача не менше, ніж в 1,15 разу від температури  $T_1$ , що викликає відповідне підвищення температури гарячої сторони регенератора. Під час роботи ДН витрата теплоносія  $G_1$  через РН обмежується з метою прискорення його розігріву та перешкоджанню втрати тепла з теплоносієм. При спільній роботі ДН та РН в резонаторі утворюються умови для самочинного виникнення акустичних пульсацій і ТАД починає працювати, про що свідчать дані, які наведені на фіг. 2, де лінія 2 - температура гарячої сторони регенератора, та лінія 4 - температура поверхні робочого нагрівача.

Акустична хвиля створює повздовжній коливальний рух газового середовища. Саме завдяки цьому, в теплообмінниках та регенераторі виникає новий потужний механізм переносу теплоти - вимушена конвекція. Оскільки ТАД є резонансною системою, то амплітуди коливального переміщення часток газового середовища та їх коливальної швидкості сягають значних величин. Ці явища формують суттєво нові умови для процесів переносу теплоти, за яких інтенсивність теплообміну значно зростає. На це показують різкі зміни форми лінії температурних кривих 2 та 4 (фіг. 2). З моменту старту ТАД різниця між температурами робочого нагрівача  $T_1$  та гарячою стороною регенератора -  $T_{рег}$  істотно зменшується. Різне збільшення температури гарячої сторони регенератора засвідчує про суттєве підвищення інтенсивності переносу тепла від робочого нагрівача до регенератора (стека), що забезпечує зростання потужності ТАД. Після запуску ТАД додатковий нагрівач відключається, а температура робочого нагрівача  $T_1$  підтримується шляхом підвищення витрати гарячого теплоносія  $G_1$ .

Як ДН доцільно використовувати електричний нагрівач спірального типу, який має високу питому потужність, компактність. Пропонований ДН забезпечує також додаткову інтенсифікацію теплообміну між РН та регенератором завдяки локальній турбулізації середовища безпосередньо біля поверхні гарячої сторони регенератора.

Розкриваючи причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками запропонованого термоакустичного двигуна та досягнутим технічним результатом, слід зазначити наступне:

- існує обмеження для умов старту ТАД - це нижча порогова температура робочого нагрівача -  $T_{нпт}$ , коли ТАД конкретної конструкції не може самостійно запуститися від наявного джерела теплової енергії, тобто акустичні коливання в порожнині резонатора не виникають;
- для кожної конструкції ТАД за присутніх умов експлуатації ця температура  $T_{нпт}$  має своє фіксоване значення;
- якщо ТАД примусово запустити, іншими словами створити умови для самочинного виникнення акустичних пульсацій, тоді ТАД здатен працювати при температурі нагрівача (джерела теплової енергії), яка дорівнює або нижче  $T_{нпт}$ .

Нові ознаки не є очевидними і в сукупності (або окремо) не зустрічалися в доступних авторам літературних і патентних джерелах.

Таким чином, сукупність істотних ознак вносить суттєві відмінності в запропоновану конструкцію термоакустичного двигуна з додатковим стартовим нагрівачем, що забезпечує одержання нового ефекту - роботи термоакустичного двигуна від джерела теплової енергії з температурою, яка нижче від температури самостійного запуску термоакустичного двигуна, та за рахунок чого з'являється можливість використовувати низькотемпературні теплові вторинні та відновлювальні енергоресурси.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Термоакустичний двигун, що містить резонатор, в порожнині якого розташовані теплообмінники - нагрівач, регенератор (стек) та охолоджувач, який **відрізняється** тим, що оснащений додатковим нагрівачем, який діє тільки до моменту старту ТАД.

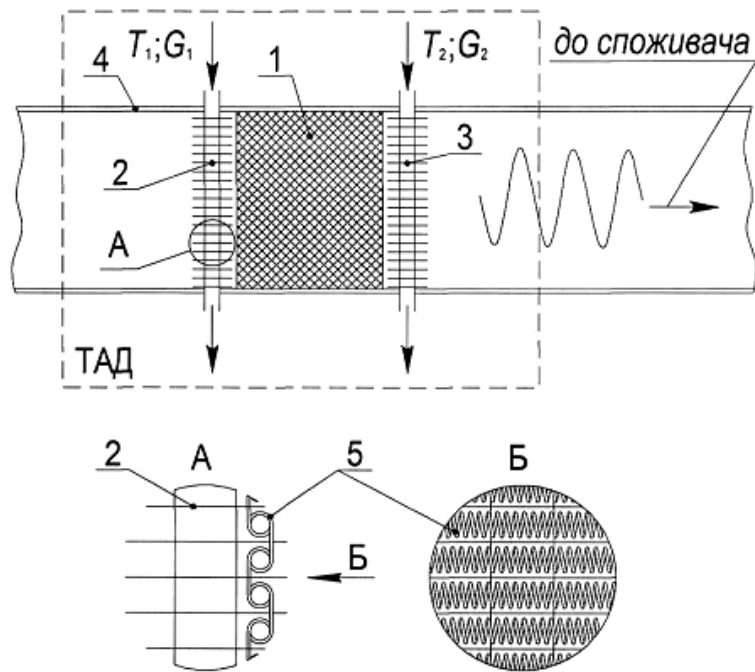


Fig.1

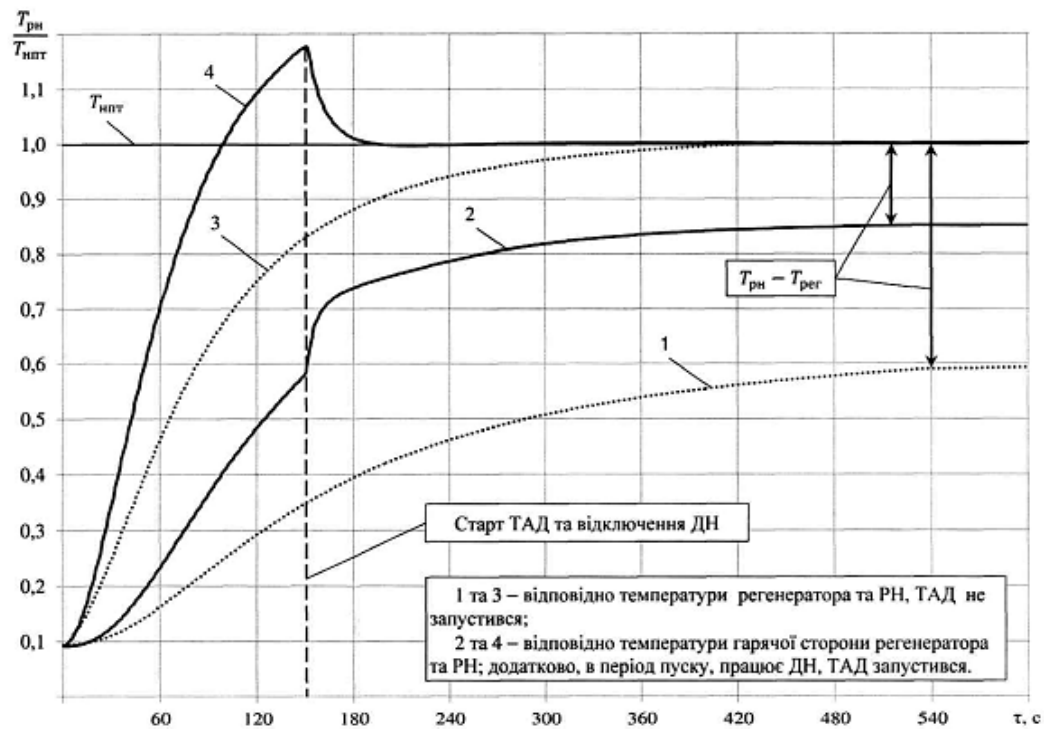


Fig.2

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601