



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **151744** (13) **U**  
(51) МПК (2022.01)  
**F02B 47/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2021 07641</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>28.12.2021</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>08.09.2022</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>07.09.2022, Бюл.№ 36</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Гнатів Андрій Вікторович (UA), Аргун Щасяна Валіковна (UA), Воронков Олександр Іванович (UA), Гнатова Ганна Андріївна (UA), Нікітченко Ігор Миколайович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA), Гнатів Андрій Вікторович, вул. Лисаветинська, 7-в, кв. 99, м. Харків, 61010 (UA)</b></p>
---	---

**(54) СПОСІБ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО ТЕПЛОГО ДВИГУНА З ІНДУКЦІЙНИМ ПІДГРІВОМ ПОВІТРЯ У ЦИЛІНДРАХ**

**(57) Реферат:**

Спосіб роботи поршневого теплового двигуна, в одному із циліндрів якого здійснюють процес впуску повітря з навколишнього середовища, його стиск і подачу стиснутого повітря через впускний клапан та з'єднуючий канал до зовнішньої камери, в яку подають через форсунки паливо, наприклад етиловий спирт, і здійснюють процес згоряння палива для підігріву стиснутого повітря, а процеси розширення продуктів згоряння і подальшого їх видалення із робочих циліндрів в навколишнє середовище здійснюють відповідно до порядку їх роботи, що з'єднана каналами та впускними клапанами з робочими циліндрами, причому максимальний тиск продуктів згоряння палива в зовнішній камері підтримують на рівні 3-5 МПа, а максимальну температуру стиснутого повітря - не більше 1500 К, за рахунок кількості палива, що впорскується в зовнішню камеру, та тривалості відкриття впускних клапанів робочих циліндрів, наприклад клапанів з електромагнітним приводом, які відкривають за 5-10 градусів оберту колінчатого вала до верхньої мертвої точки поршнів робочих циліндрів, а закривають залежно від режиму роботи двигуна за 5-40 градусів оберту колінчатого вала за верхньою мертвою точкою поршнів робочих циліндрів, згідно з корисною моделлю для підігріву стиснутого повітря застосовують індуктивні котушки, які встановлено з зовнішнього боку компресорного і робочих циліндрів.

**UA 151744 U**

UA 151744 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування, а саме до способів роботи поршневих теплових двигунів з розділеним чотиритактним або двотактним циклом.

Відомі способи роботи поршневих чотиритактних або двотактних теплових двигунів, що мають як мінімум два циліндри, спільну камеру згоряння, в яких здійснюють такти впуску та стиску, процес згоряння палива в камері згоряння, такти розширення та випуску продуктів згоряння [1-7]. Загальними недоліками відомих способів роботи поршневих чотиритактних або двотактних теплових двигунів, в яких робочий цикл здійснюють як мінімум у двох циліндрах є недостатня ефективність перетворення теплоти згоряння палива в механічну роботу газів та підвищені викиди з відпрацьованими газами токсичних хімічних сполук, обумовлених обмеженою тривалістю процесу згоряння та високими значеннями тиску і температури продуктів згоряння.

Як найближчий аналог вибрано спосіб роботи поршневого теплового двигуна, в одному із циліндрів якого здійснюють процес впуску повітря з навколишнього середовища, його стиск і подачу стиснутого повітря через випускний клапан та з'єднуючий канал до камери згоряння, в яку подають через форсунки паливо, наприклад етиловий спирт, процес згоряння палива здійснюють у зовнішній камері згоряння (для підігріву стиснутого повітря), що з'єднана каналами та впускними клапанами з робочими циліндрами, причому максимальний тиск продуктів згоряння палива в зовнішній камері згоряння підтримують на рівні 3-5 МПа, а максимальної температури стиснутого повітря не більше 1500 К, за рахунок кількості палива, що впорскується в зовнішню камеру згоряння та тривалості відкриття впускних клапанів робочих циліндрів, наприклад клапанів з електромагнітним приводом. Зменшення коливань тиску повітря в робочих циліндрах протягом циклу (одного оберту колінчастого валу) досягають за допомогою камери стиснутого повітря, встановленої, наприклад, між циліндром для стискання повітря і робочими циліндрами. Стиснуте повітря з камери стиснутого повітря подають до робочих циліндрів через впускні клапани, наприклад, з електромагнітним приводом, які відкривають за 5-10 градусів оберту колінчастого вала до верхньої мертвої точки поршнів робочих циліндрів, а закривають залежно від режиму роботи двигуна за 5-40 градусів оберту колінчастого вала за верхньою мертвою точкою поршнів робочих циліндрів [7].

Основними недоліками найближчого аналогу, як і попередніх аналогів, є недостатня ефективність перетворення теплоти згоряння палива в механічну роботу газів та підвищені викиди з відпрацьованими газами токсичних хімічних сполук, обумовлених процесом згоряння палива.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу роботи поршневого двигуна з розділеним двотактним циклом з метою підвищення ефективності використання енергії стиснутого повітря та підведеної до нього теплоти в механічну роботу газів та відсутності викидів з відпрацьованими газами токсичних хімічних сполук.

Поставлена задача вирішується шляхом здійснення двотактного циклу та встановленню індукційних котушок для індукційного нагріву повітря у вхідному каналі робочих циліндрів. Наприклад, в трьох циліндрах, один із яких використовується як компресорний, а два інші як робочі, в яких здійснюються процеси розширення стиснутого повітря і його видалення в навколишнє середовище, причому підігрів здійснюють за допомогою індукційних котушок, розташованих ззовні компресорного і робочих циліндрів на вхідному каналі, при обмеженні максимального тиску стиснутого повітря в робочих циліндрах на рівні 3-5 МПа, а максимальної температури стиснутого повітря не більше 1500 К. Зменшення коливань тиску повітря в робочих циліндрах протягом циклу (одного оберту колінчастого вала) досягають за допомогою камери стиснутого повітря, встановленої, наприклад, між циліндром для стискання повітря і зовнішньою камерою індукційного підігріву. Стиснуте повітря з зовнішньої камери індукційного підігріву подають до робочих циліндрів через впускні клапани, наприклад, з електромагнітним приводом, які відкривають за 5-10 градусів оберту колінчастого вала до верхньої мертвої точки поршнів робочих циліндрів, а закривають залежно від режиму роботи двигуна за 5-40 градусів оберту колінчастого вала за верхньою мертвою точкою поршнів робочих циліндрів. Видалення повітря із робочих циліндрів здійснюють через випускні клапани протягом 80-120 градусів оберту колінчастого вала при переміщенні поршнів робочих циліндрів від нижньої мертвої точки до верхньої мертвої точки. Після закриття випускних клапанів протягом 60-100 градусів оберту колінчастого вала до верхньої мертвої точки поршнів робочих циліндрів здійснюють стиск повітря, що залишилося, для зменшення втрат енергії на впускних клапанах. Зменшення втрат теплоти від поверхонь каналів стиснутого повітря, камери стиснутого повітря, зовнішньої камери та каналів, з'єднуючих зовнішню камеру з робочими циліндрами, досягають використанням теплоізоляції цих поверхонь чи новітніх конструкційних матеріалів.

Функціональне призначення сукупності ознак, що заявляються, полягає в ефективності використання енергії стиснутого повітря та підведеної до нього теплоти за рахунок індукційного нагріву в механічну роботу газів та відсутності викидів з відпрацьованими газами токсичних хімічних сполук.

5 На фіг. 1 показано, як приклад, загальний вигляд поршневого теплового двигуна з розділеним двотактним робочим циклом та індукційним підігрівом повітря вхідного каналу та трьома циліндрами, один з яких використовується як компресорний.

На фіг. 2 показана діаграма зміни тиску в надпоршневій порожнині компресорного циліндра.

На фіг. 3 показана діаграма зміни тиску в надпоршневій порожнині робочих циліндрів.

10 Двигун, у якому здійснюють запропонований спосіб роботи (див. фіг. 1), містить компресорний циліндр 1 з впускним 2 та випускним 3 клапанами, впускний канал 4, на вході якого встановлено повітряний фільтр 5, камеру стиснутого повітря 6, з'єднану каналом 7 з компресорним циліндром 1, а каналом 8 через зовнішню камеру індукційного підігріву 9, навколо якої розташовано індукційну котушку 10 та поєднано через канал 11 з каналами 12 та 13 через випуски канали 14 та 15, наприклад з електроприводами, з робочими циліндрами 16 та 17, оснащеними індукційними котушками 10 та 11, які мають випускні клапани 18 та 19, наприклад з кулачковим приводом, через які відпрацьоване повітря з робочих циліндрів 16 та 17 відводиться у випускні канали 20 та 21, що з'єднані з випускними колекторами 22 та 23. Поршень 24 компресорного циліндра та поршні 25 і 26 робочих циліндрів шатунами 27, 28 та 29 з'єднані зі спільним колінчастим валом 30.

Геометричний ступінь розширення стиснутого повітря в робочих циліндрах обчислюється за формулою  $\delta = V_{\max}/V_{\min}$ . Наприклад, при ході поршнів в робочих циліндрах 16 і 17  $S=100$  мм і надпоршневому зазорі при положенні поршнів у верхній мертвій точці  $\Delta=2-5$  мм геометричний ступінь розширення стиснутого повітря  $\delta=20-50$ .

25 Спосіб роботи теплового двигуна, що заявляється, здійснюють за один оберт колінчастого вала. На такті впуску в компресорному циліндрі 1 повітря з навколишнього середовища через повітряний фільтр 5, канал 4 та впускний клапан 2, наприклад пластинчатий, надходить в надпоршневу порожнину компресорного циліндра 1 (крива 4-1 на фіг. 2), а при зворотному русі поршня 24 від нижньої мертвої точки до верхньої здійснюють стиск повітря (крива 1-2 на фіг. 2).  
30 В кінці такту випуску стиснуте повітря до 3-5 МПа через випускний клапан 3 та канал 7 подається для зниження коливань тиску стиснутого повітря до камери стиснутого повітря 6 (крива 2-3 на фіг. 2), з'єднаної каналом 8 через зовнішню камеру індукційного підігріву 9, навколо якої розташовано індукційну котушку 10 та каналом 11, що поєднує зовнішню камеру індукційного підігріву 9 з каналами 12 та 13 з робочими циліндрами 1, 16 та 17, в які подається стиснуте повітря і підігрівається індукційною котушкою 10 при заданій максимальній температурі підігріву. Нагріте повітря через з'єднуючі канали 12 та 13 впускні клапани 14 та 15, наприклад з електромагнітним приводом, подають по черзі до робочих циліндрів 16 та 17. Впускні клапани відкривають за 5-10 градусів оберту спільного на всі циліндри колінчастого вала 30 до верхньої мертвої точки поршнів 25 та 26 робочих циліндрів 16 та 17, а закривають залежно від режиму роботи за 5-40 градусів оберту колінчастого вала 30 за верхньою мертвою точкою поршнів 25 та 26 (ділянка діаграми d-v фіг. 3). Розширення нагрітого стиснутого повітря в робочих циліндрах 16 та 17 здійснюють переміщенням поршнів 25 та 26 в робочих циліндрах 16 та 17 до їх нижньої мертвої точки (крива v-e на фіг. 3). На такті розширення стиснутого повітря в робочих циліндрах 16 та 17 при положенні поршнів робочих циліндрів 25 та 26 за 0-40 градусів оберту колінчастого вала 30 до нижньої мертвої точки (ділянка діаграми d-v фіг. 3) (відповідно до порядку роботи) відкривають, наприклад, за допомогою кулачкового механізму, випускні клапани 18 та 19. Відпрацьоване повітря із робочих циліндрів 16 та 17 видаляють (крива e-e' на фіг. 3) протягом 80-120 градусів оберту колінчастого вала 30 при переміщенні поршнів 25 та 26 від нижньої мертвої точки до верхньої через випускні клапани 18 та 19, випускні канали 20 та 21 до випускних колекторів 22 та 23. При положенні поршнів 25 та 26 в робочих циліндрах 16 та 17 за 60-100 градусів оберту колінчастого вала 30 до їх верхніх мертвих точок випускні клапани 18 та 19 закривають, повітря, що залишилося в надпоршневих порожнинах робочих циліндрів 16 та 17 протягом 60-100 градусів оберту колінчастого вала стискають (фіг. 3). Таким чином, двотактний цикл здійснюють в даному випадку в трьох циліндрах, один з яких компресорний, за 55 один оберт колінчастого вала.

Ефективність практичного використання запропонованого способу роботи поршневого теплового двигуна з індукційним підігрівом повітря вхідного каналу оцінюється за спрощеною діаграмою циклу.

60 Спрощена діаграма циклу даного двигуна може бути представлена відкритим термодинамічним циклом зі змінною масою робочого тіла, в якому теплота підводиться з

робочим тілом до робочих циліндрів при постійних значеннях тиску  $p$  і температурі  $T_1$  і відводиться із робочих циліндрів з робочим тілом при постійних значеннях тиску  $p$  і температурі робочого тіла  $T_2$ . Робоче тіло в термодинамічному циклі - ідеальний газ, теплоємність якого не залежить від температури. Термодинамічний коефіцієнт корисної дії циклу обчислюється за формулою:

$$\eta_t = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{M \cdot C_p \cdot (T_2 - T_0)}{M \cdot C_p \cdot (T_1 - T_0)} = 1 - \frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0}$$

де  $L$  - механічна робота газів в циклі;

$Q_1$  - теплота, що підведена з робочим тілом;

$Q_2$  - теплота, що відведена з робочим тілом;

$C_p$  - питома масова теплоємність робочого тіла при постійному тиску;

$M$  - маса робочого тіла;

$T_0$  - температура навколишнього середовища;

$T_1$  - температура робочого тіла, що надходить до над поршневої порожнини робочих циліндрів;

$T_2$  - температура робочого тіла, що видаляється з над поршневої порожнини робочих циліндрів;

$V_c$  - об'єм камери стиснення циліндра;

$V_h$  - робочий об'єм циліндра.

При значенні  $T_0=300$  К (27 °С);  $T_1=1500$  К;  $T_2=400$  К термодинамічний коефіцієнт корисної дії циклу  $\eta_t=0,92$ . З підвищенням температури робочою тіла, що видаляється з робочих циліндрів  $T_2$ , термодинамічний коефіцієнт корисної дії буде зменшуватися. Термодинамічний коефіцієнт корисної дії двигунів внутрішнього згоряння не перевищує  $\eta_t \text{ двз} = 0,70$ .

Використання запропонованого способу роботи тяглового двигуна з індукційним підігрівом повітря вхідного каналу, наприклад, як енергетичної установки автомобіля дозволяє знизити витрату палива на 100 відсотків, знизити викиди токсичних хімічних сполук з відпрацьованими газами на 100 відсотків без використання додаткових систем їх нейтралізації, а також значно зменшує інтенсивність звукового випромінювання. Електричну енергію можна споживати, наприклад, від акумуляторних чи сонячних батарей.

Джерела інформації:

1. Авт. Св. СССР №80445 кл. 46a<sup>2</sup>, 109 (МКИ F02 47/00), 1947.

2. Авт. Св. СССР №128231 кл. 46a<sup>2</sup>, 109 (МКИ F02 47/00), 1958.

3. Патент Франції №2172505 МКИ F02B 41/00, F02B 75/00, 1973.

4. Патент США №3880126, МКИ F02B 33/22, 1975.

5. Заявка Франції №2319769, МКИ F02B 75/12, 1977.

6. Патент США №8006656, МКИ F02B 25/00, 2009.

7. Патент України №106558 МПК 7 F02B 47/00, F02B 33, 2014.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб роботи поршневого теплового двигуна, в одному із циліндрів якого здійснюють процес впуску повітря з навколишнього середовища, його стиск і подачу стиснутого повітря через впускний клапан та з'єднуючий канал до зовнішньої камери, в яку подають через форсунки паливо, наприклад етиловий спирт, і здійснюють процес згоряння палива для підігріву стиснутого повітря, а процеси розширення продуктів згоряння і подальшого їх видалення із робочих циліндрів в навколишнє середовище здійснюють відповідно до порядку їх роботи, що з'єднана каналами та впускними клапанами з робочими циліндрами, причому максимальний тиск продуктів згоряння палива в зовнішній камері підтримують на рівні 3-5 МПа, а максимальну температуру стиснутого повітря - не більше 1500 К, за рахунок кількості палива, що впрскується в зовнішню камеру, та тривалості відкриття впускних клапанів робочих циліндрів, наприклад клапанів з електромагнітним приводом, які відкривають за 5-10 градусів оберту колінчатого вала до верхньої мертвої точки поршнів робочих циліндрів, а закривають залежно від режиму роботи двигуна за 5-40 градусів оберту колінчатого вала за верхньою мертвою точкою поршнів робочих циліндрів, який **відрізняється** тим, що для підігріву стиснутого повітря застосовують індуктивні котушки, які встановлено з зовнішнього боку компресорного і робочих циліндрів.

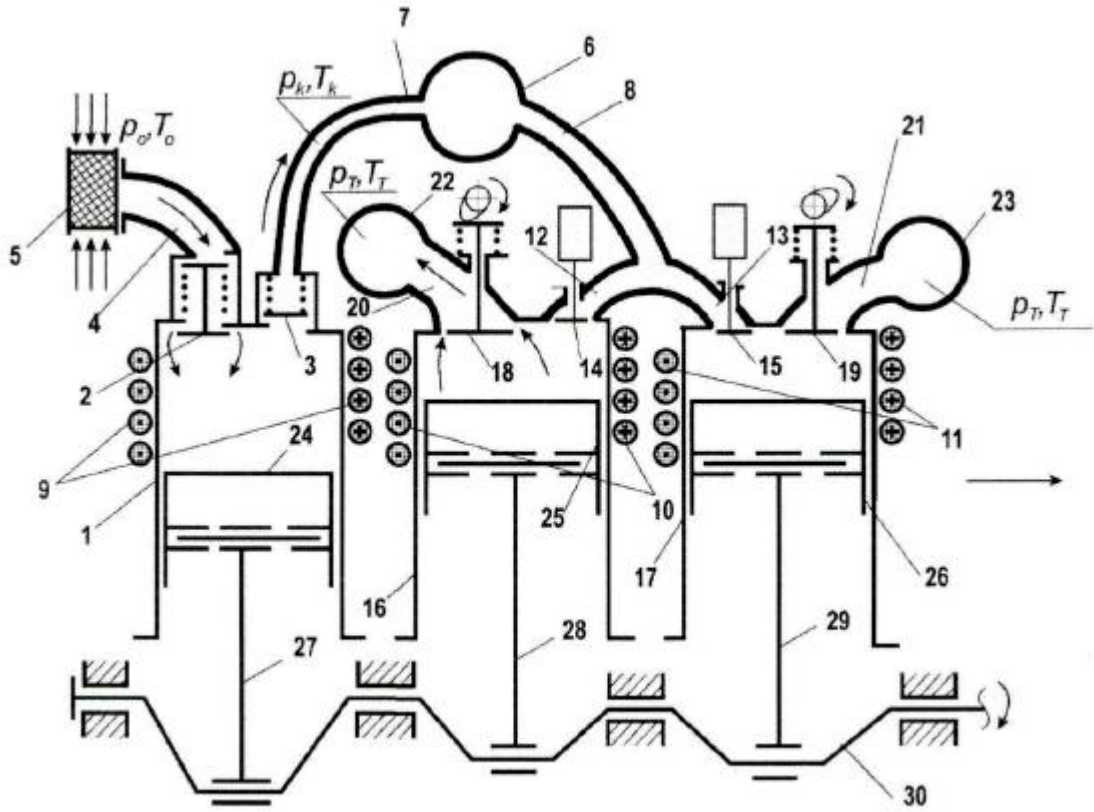


Fig. 1

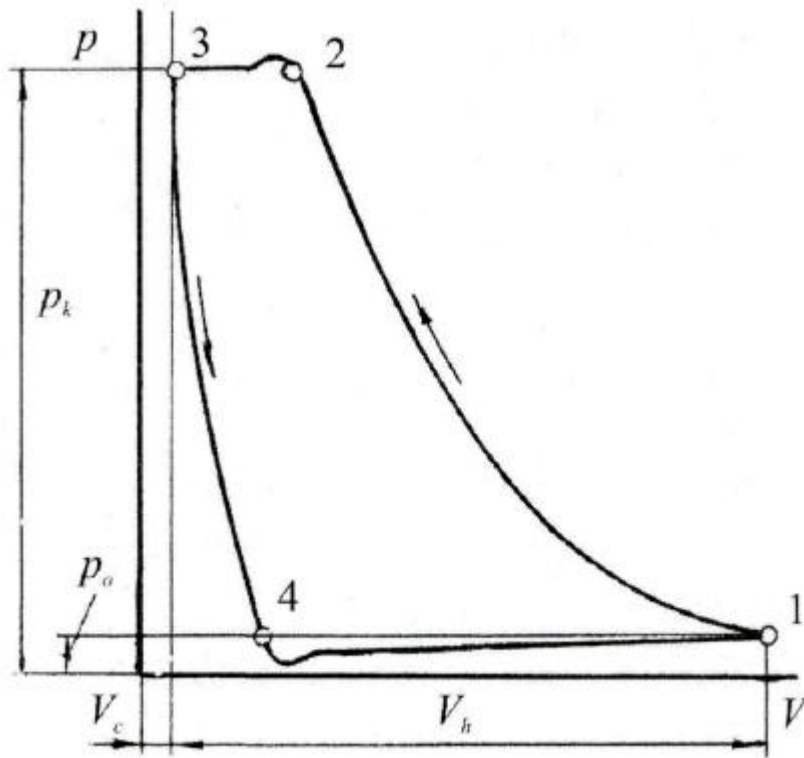
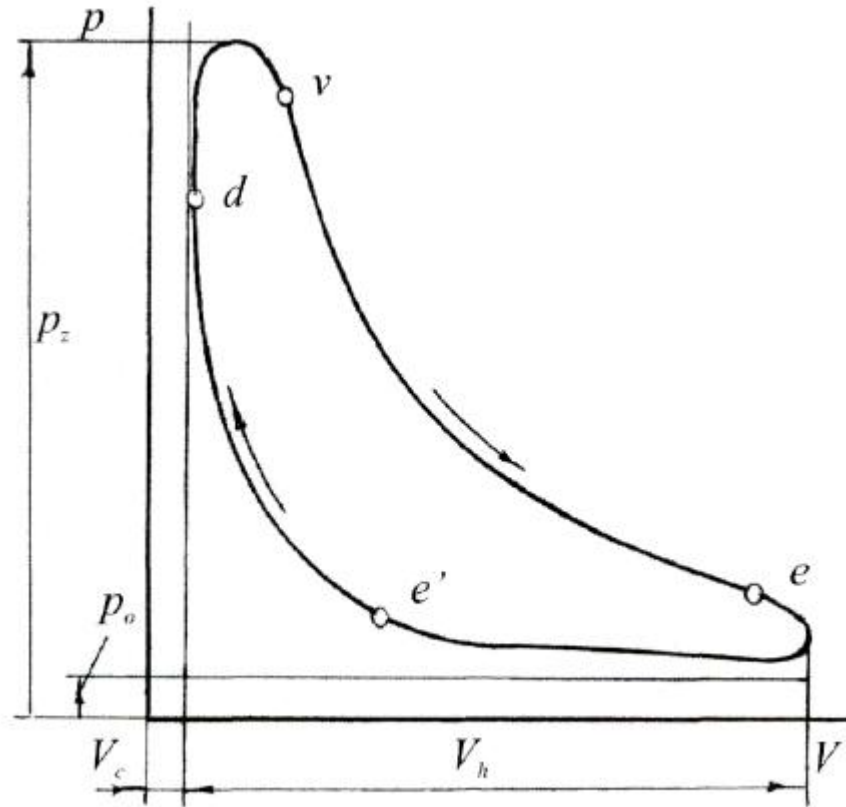


Fig. 2



Фіг. 3