

УДК 621.432.9

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-380415201681517>

**В.В. Крилов<sup>1</sup>**, доцент, к.т.н, **Є.В. Крилов<sup>2</sup>**, доцент, к.т.н,  
**А. Є. Крилов<sup>3</sup>**, патентний повірений України

## НОВА КОНСТРУКЦІЯ ПАЛИВО-ПАРОВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

**En**

The combustion engines that use steam to increase the efficiency coefficient are considered in the article. Authors offer technical solution that allows more effectively to execute the selection of heat produced by fuel combustion and transmitted to the heating of cylinder wall and fuel piston which is placed in the cylinder head zone where the temperature of the fuel combustion reaches 1200-1500 Celsius.

According to the authors this solution allows more efficiently to carry out the selection of the heat that is released during combustion. Everything happens in direct contact of coolant with the inner wall surface of the fuel cylinder and the fuel piston heated surface. Effective heat removal and the selected heat conversion into mechanical motion in the steam cylinder and the crankshaft rotation increase the engine efficiency. In addition, such dissipation of heat makes it possible not to use the traditional system of water cooling.

**Ru**

Стаття кається двигателів внутрішнього згорання, в которых для повышения коэффициента полезного действия используется пар. Авторы предлагают техническое решение, позволяющее более эффективно выполнять отбор тепла, которое выделяется при сгорании топлива и идет на нагрев стенки цилиндра и на нагрев топливного поршня, который находится в зоне головки цилиндра, где температура при сгорании топлива достигает 1200-1500<sup>0</sup>С.

### Вступ

Сучасні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) мають ккд 25-33%, тобто на корисну роботу (розширення газу, отриманого при згорянні палива, перетворення його в поступальний рух поршня і обертання робочого валу) витрачається менша частина енергії, яка накопичена в паливі і реалізується при його згорянні в камері згорання ДВЗ.

На рис. 1 наведений енергетичний баланс автомобільного двигуна [1], де можна бачити, що решта енергія, що утворюється при згорянні палива, виділяється у вигляді тепла і витрачається на нагрів двигуна (40%), на нагрів і рух відпрацьованих газів (25%) і на тертя рухомих деталей (10%). Доцільно це тепло, що йде на нагрів двигуна, нагрів і рух відпрацьованих газів перетворити в корисну роботу руху колінчастого вала.

<sup>1</sup> Товариство з обмеженою відповідальністю "Невінпат Україна"

<sup>2</sup> Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", кафедра технічної кібернетики

<sup>3</sup> Товариство з обмеженою відповідальністю "Крилова і партнери", Україна

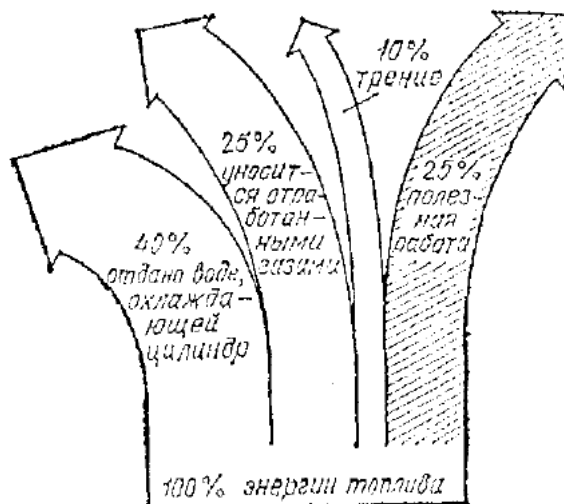


Рис. 1. Энергетичний баланс автомобільного двигуна

### Постановка задачі

Для перетворення цього тепла в корисну роботу відоме використання теплоносія (води), який, при нагріванні розширюється, перетворюючись в пар, а при охолодженні зменшується в об'ємі (тобто, якщо він знаходиться у замкненому об'ємі, то при нагріванні в ньому підвищується тиск, а при охолодженні тиск зменшується).

Розглянемо декілька таких технічних рішень. В технічному рішенні за патентом [2] встановлюють поруч з робочими паливними циліндрами, в яких згорає паливо, на тому ж колінчастому валу спеціальний паровий циліндр, а відпрацьовані гарячі гази з паливних циліндрів ДВЗ направляють на обігрів головки парового циліндра. Розігрівають головку парового циліндра до  $374 - 500^{\circ}\text{C}$  і впорскують туди воду один раз за оборот колінчастого вала. Недоліком такого рішення є те, що в корисну роботу перетворюють лише тепло гарячих відпрацьованих газів.

Відоме технічне рішення [3], де робочі циліндри мають 4 клапани: два паливні і два парові. При роботі двигуна охолоджувальну рідину блоку робочих циліндрів перетворюють в пар за рахунок тепла стінок циліндрів і тепла відпрацьованих газів. Подають пар в ресивер, з якого пар направляють в робочий циліндр крізь парові клапани. Таким чином, рух поршня відбувається і від енергії при згорянні палива (два паливні клапани), і від енергії упорскнутого пару (два парові клапани). Роботою клапанів впуску паливної суміші і випуску відпрацьованих газів і клапанів впуску та випуску пару керує електронний блок керування. Робота ДВЗ можлива в режимі чотиритактного циклу паливного двигуна або в двотактному режимі парового двигуна. Але пар впорскують безпосередньо в камеру згорання палива, що призводить до утворення на сідлах клапанів твердого накипу,

який має абразивні властивості, що зменшує надійність роботи системи клапанів.

Відомий 6-тактний двигун Кроуена [4], в якому відбувається не 4, а 6 тактів. На початку п'ятого такту, коли поршень знаходиться у верхній мертвій точці (ВМТ) в гарячу камеру згоряння впорскують воду і утворений пар діє на поршень, який забезпечує робочий рух колінчастого вала (від ВМТ до НМТ). Під час шостого такту поршень рухається від НМТ до ВМТ, викидаючи відпрацьований пар. Недоліком такого ДВЗ є те, що, по-перше, додається ще 2 такти, ефективність яких менше, ніж при перших 4-х тактах, де використовується паливо, і, по-друге, як і в попередньому випадку [3], воду впорскують безпосередньо в камери згоряння палива, що зменшує надійність роботи системи клапанів.

Загальним недоліком вище зазначених паливо-парових ДВЗ, також є недостатній відбір тепла, що потребує необхідності мати систему його охолодження.

### Розв'язання задачі

Автори пропонують паливо-паровий двигун (рис. 2), який не має вище зазначених недоліків. Двигун має один або більше паливних циліндрів і один або більше парових циліндрів, які взаємодіють з єдиним колінчастим валом.

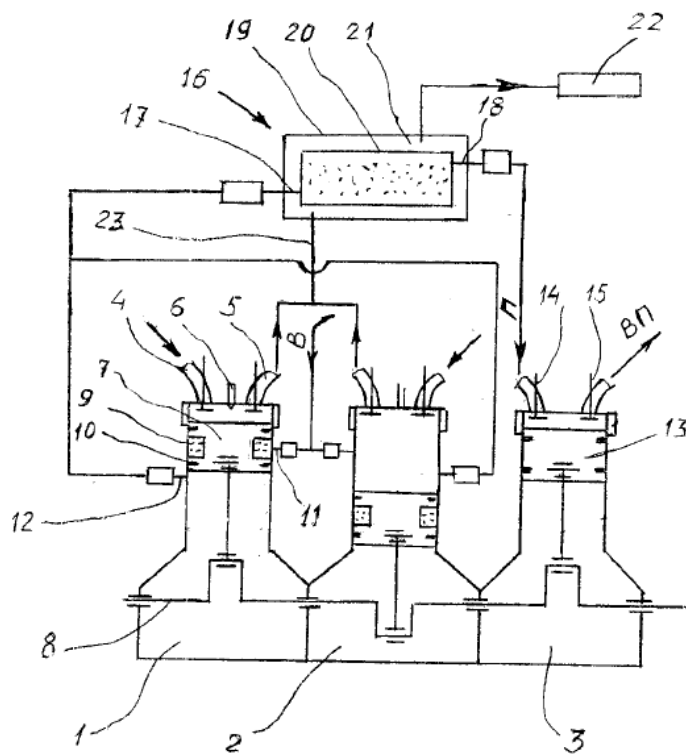


Рис. 2. Паливо-паровий двигун внутрішнього згоряння

На рис. 2, як приклад, показаний двигун з двома паливними циліндрами і одним паровим циліндром. В кожному з паливних циліндрів 1, 2 в головці розташовані впускний 4, випускний 5 клапани і свіча 6 запалення стисненої паливної суміші. Всередині кожного паливного циліндра рухається паливний поршень 7, з'єднаний відповідним шатуном з колінчастим валом 8. Робота кожного з паливних циліндрів відбувається традиційно і для спрощення опису не наведена.

Паливний поршень 7 кожного паливного циліндра, який приводиться в рух під тиском газів, що утворюються при згорянні стисненої паливної суміші, має особливу конструкцію. На його зовнішній поверхні виконане заглиблення, яке з внутрішньою поверхнею циліндра утворює кругову ємність 9. Вище і нижче ємності 9 розташовані ущільнювальні кільця 10. У верхній частині кожного паливного циліндра 1, 2 є регульований вхід 11 для подачі теплоносія (теплої води), який проходить крізь стінку циліндра і сполучаються з ємністю 9, коли паливний поршень 7 знаходиться поблизу ВМТ. Нижче входу 11 знаходиться регульований вихід 12, який проходять крізь стінку циліндра і слугує для виходу стисненого пару.

Паровий циліндр 3 має традиційну конструкцію, де рухається паровий поршень 13, з'єднаний шатуном з тим самим колінчастим валом 8, з яким з'єднані відповідні шатуни паливних циліндрів 1, 2. В головці парового циліндра 3 знаходяться клапан 14 для впуску перегрітого пару і клапан 5 для випуску відпрацьованого пару.

Двигун має паронакоплювач 16 з входом 17 для пару і виходом 18 для перегрітого пару з помпами для подачі і виведення пару в/з паронакоплювача 16. Вхід 17 сполучений з виходами 12 для пару кожного з паливних циліндрів, а вихід 18 для перегрітого пару з паронакоплювача сполучений з клапаном 14 впуску пару в паровий циліндр 3. Паронакоплювач 16 має зовнішню оболонку 19, виконану з теплоізолювального матеріалу, і внутрішню оболонку 20, виконану з теплопровідного матеріалу, між якими є простір 21, який трубопроводом 23 сполучений з випускними клапанами 5 для відпрацьованого газу кожного паливного циліндра і з вихлопною трубою 22 для відпрацьованих газів двигуна.

Паливні циліндри можуть працювати у чотиритактному циклі або у двотактному циклі, а парові циліндри працюють в двотактному циклі.

Робота двигуна відбувається наступним чином. Двигун запускають, як звичайний паливний двигун, і він працює деякий час у режимі паливного циклу, тобто працюють тільки паливні циліндри 1, 2, поки температура в камерах згорання цих паливних циліндрів не підніметься до 150 - 200 °С, розігрівуючи поршні і стінки цих циліндрів до температури перетворення води в насичений пар.

Після цього включається режим пароутворення, який полягає в наступному. Коли кожний з паливних поршнів 7 буде поблизу ВМТ, крізь відкритий вхід 11 для подачі води (стрілка *B*) в кругову ємність 9 паливного

поршня 7 впорскують порцію води (при цьому вихід 12 закритий). Вода може бути попередньо нагрітою в теплообміннику (не показаний) за рахунок тепла відпрацьованих газів і/або тепла відпрацьованого пару. Так як в цей час поршень 7 знаходиться поблизу ВМТ, тобто поблизу камери згоряння, температура в якій є найвищою і може становити до 1200 – 1500 °С, то верхня частина кожного паливного циліндра 1, 2 і паливних поршнів 7 мають температуру, яка перевищує температуру пароутворення теплоносія (води). В круговій ємності 9, практично миттєво, відбувається утворення стисненого пару, витіканню якого перешкоджають ущільнювальні кільця 10, розташовані зверху і знизу ємності 9.

При русі паливного поршня 7 від ВМТ до НМТ і від НМТ до ВМТ (при цьому вхід 11 і вихід 12 є закритими) стиснений пар в ущільненій ємності 9 переноситься паливним поршнем вздовж гарячої внутрішньої поверхні стінки паливного циліндра, безпосередньо контактуючи з нею і відбираючи від неї тепло. При цьому утворений в ємність 9 пар нагрівається до стану перегрітого пару. Поблизу ВМТ ємність 9 досягає виходу 12, який знаходиться нижче закритого входу 11. В цей момент вихід 12 відкривається і порція перегрітого пару з ємності 9 помпою подається в паронакоплювач 16. При подальшому русі паливного поршня 8 до ВМТ закривається вихід 12 і, при досягненні ємністю 9 входу 11 він відкривається для подачі теплоносія (води) і цикл повторюється. Таким чином, поблизу ВМТ з кожного паливного поршня 7 в паронакоплювач 16 буде подаватися порція перегрітого пару, який накопичується в паронакоплювачі і в подальшому буде використаний для подачі в паровий циліндр 3.

Для покращення характеристики перегрітого пару (підвищення його температури, тиску) в простір 21 паронакоплювача між зовнішньою оболонкою 19 і внутрішньою оболонкою 20 по трубопроводу подається гарячий відпрацьований газ з паливних циліндрів, який віддає своє тепло пару в паронакоплювачі і далі поступає в теплообмінник (не показаний) для утилізації, а потім у вихлопну трубу 22 двигуна.

Робота парового циліндра 3 відбувається шляхом введення з паронакоплювача 16 пару (стрілка П) крізь клапан 14 та випуску відпрацьованого пару (стрілка ВП) крізь клапан 15. Далі відпрацьований пар поступає в теплообмінник (не показаний), де конденсується у теплу воду, яку потім використовують для подачі крізь входи 11 в паливних циліндрах 1, 2.

В наведеному прикладі паливні циліндри працюють від палива в звичайному чотиритактному режимі паливного циклу, а паровий циліндр від пару в двотактному режимі парового циклу.

## Висновки

На думку авторів таке технічне рішення дозволяє більш ефективно здійснювати відбір тепла, яке виділяється при згорянні палива і йде на на-

грів стінки циліндра (особливо його внутрішньої поверхні, яка зазнає тертя поршня) і на нагрів паливного поршня, який знаходиться в зоні головки циліндра, де температура при згорянні палива досягає 1200 – 1500 °С. Все відбувається при прямому контакті теплоносія з нагрітою внутрішньою поверхнею стінки паливного циліндра і поверхнею нагрітого паливного поршня. Ефективний відбір тепла і перетворення в паровому циліндрі відібраного тепла, в механічну роботу обертання колінчастого вала дозволяє збільшити ккд двигуна. Крім того, такий ефективний відбір тепла дає можливість не застосовувати традиційну систему водяного охолодження.

### Список використаної літератури

1. *Ландсберг Г. С.*, Элементарный учебник физики // гл. 19. Тепловые машины, 1985. - 589с.
2. *Безденежный В. С., Марвин Б. Е.* Способ повышения к.п.д. двигателя внутреннего сгорания за счет утилизации тепловой энергии двигателя: Патент RU 2117803, 20.03.1998.
3. *Задорожный Е. В.* Способ использования тепловой энергии двигателя внутреннего сгорания: Патент RU 2491430, 27.08.2013.
4. 6-тактный двигатель Кроуэра: Статья в журнале "Популярная механика", 2008, №6(68).