

УДК 62-843.4

**С.С. Некрасов**, канд. техн. наук  
**С.В. Кудін**, студент  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

### ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ЗІ ЗМІННИМ ОБ'ЄМОМ РОБОЧОЇ КАМЕРИ

**С.С. Некрасов**, канд. техн. наук  
**С.В. Кудин**, студент  
Сумский государственный университет, г. Суммы, Украина

### ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СО СМЕННЫМ ОБЪЕМОМ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ

**Serhii Nekrasov**, PhD in Technical Sciences  
**Serhii Kudin**, student  
Sumy State University, Sumy, Ukraine

### INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH VARIABLE VOLUME OF THE WORKING CHAMBER

*Розглянуто нову конструкцію двигуна внутрішнього згорання з можливістю зміни його робочого об'єму в процесі роботи. Така конструкція двигуна дозволяє зменшити витрати палива на режимах, коли не використовується його максимальна потужність, ці режими актуальні під час пересування автомобіля по місту. Зміна робочого об'єму двигуна під час його роботи можлива за рахунок використання принципово нової конструкції двигуна та використання нової конструкції колінчастого вала. Зміна робочого об'єму камери згорання здійснюється за допомогою гідравлічного циліндра, встановленого на колінчастому валу. Така конструкція двигуна дозволяє знизити його масу при збереженні потужності.*

**Ключові слова:** двигун внутрішнього згорання, змінний об'єм робочої камери, регулювання потужності, ступінь рухомості, економний двигун.

*Рассмотрена новая конструкция двигателя внутреннего сгорания с возможностью изменения его рабочего объема в процессе работы. Такая конструкция двигателя позволяет уменьшить затраты топлива на режимах, когда не используется его максимальная мощность, эти режимы актуальны при передвижении автомобиля по городу. Изменение рабочего объема двигателя во время его работы возможна за счет использования принципиально новой конструкции двигателя и использования новой конструкции коленчатого вала. Изменение рабочего объема камеры сгорания осуществляется при помощи гидравлического цилиндра, установленного на коленчатом валу. Такая конструкция двигателя позволяет снизить его массу при сохранении мощности.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, переменный объем рабочей камеры, регулирование мощности, степень подвижности, экономный двигатель.

*This paper present the new design of the internal combustion engine with the possibility of changing its working volume in the process. Engine of modern cars works in a wide range of power. When engine working in the urban cycle he does not use much power. This design of engine allows reducing fuel consumption when not using its maximum power such modes actual vehicle while moving in the city. This results in poor fuel economy and high CO<sub>2</sub> emissions. Changing the working volume of the engine while it is running is possible by using a fundamentally new engine design. This is achieved by using a unique crankshaft and connecting rod system by means of the cross that allows the distance the pistons travel to be adjusted on an immediate and continual manner during adjusting the combustion volume in order to maintain the same compression ratio. The crankshaft of the engine is significantly different from existing designs. Change in the working volume by movement of the hydraulic cylinder arranged on the crankshaft. When using such an engine are not observed vibration characteristic of conventional internal combustion engine. Engine design can significantly reduce its weight while maintaining the power.*

**Key words:** internal combustion engine, variable volume working chamber, power control, the degree of motion, the economic engine.

**Постановка проблеми.** У наш час дуже популярні автомобілі. Вони заповнили наш життєвий простір, а як відомо, саме головне в автомобілі – це його двигун. Тому сьогодні виготовляють тягові агрегати з різним об'ємом і різної потужності для задоволення потреб споживача та його вимог до експлуатаційних характеристик. Але під час роботи двигуна на різних режимах він розвиває різну потужність, що не завжди є необхідним. З метою економії палива потрібно розробити двигун зі змінною величиною робочого об'єму.

#### **Зміна робочого об'єму двигуна**

Загальновідомо, що велику потужність може розвивати двигун лише значних розмірів, однак це має деякі недоліки: вага двигуна, його габаритні розміри, споживання па-

льного, ціна на комплектуючі частини. Цю проблему можна вирішити за допомогою нового двигуна з новою конструкцією та можливостями: двигун з безступінчастою змінною об'ємом, який був запропонований Стівом Арнольдом у 2014 році, – це двигун внутрішнього згоряння з плавною зміною робочого об'єму камери згоряння [6, с. 177–189].

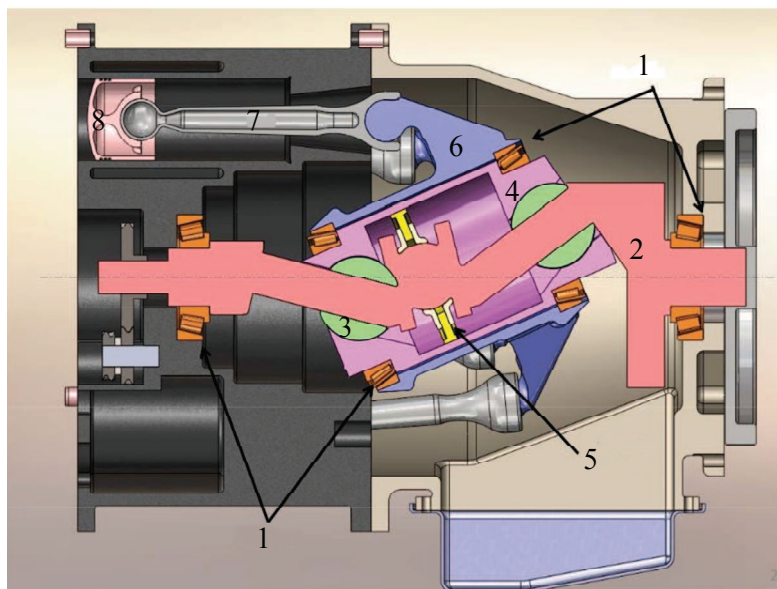


Рис. 1. Двигун з безступінчастою зміною робочого об'єму: 1 – підшипник; 2 – колінчастий вал; 3 – втулка; 4 – муфта; 5 – активний поршень; 6 – тримаюча корона; 7 – шатун; 8 – поршень

Це абсолютно нова конструкція (рис. 1), яка складається з 9 поршнів 8, на кожному по три поршневі кільця, що сферично закріплені з шатуном 7. Шатун у свою чергу також закріплений сферично з так званою короною 6 (на якій будуть закріплені всі 9 шатунів), кріпиться ця частина до муфти 4, яка може пересуватися по колінчастому валу 2. Саме це рішення і є абсолютно новим у цьому двигуні. Анімацію роботи двигуна можна переглянути за посиланням <https://youtu.be/m7mh6lGQ58g>.

Відомо, що двигуни в легкових автомобілях можуть виробляти високу потужність для задоволення потреб водія в керованості і продуктивності [5]. На жаль, такі двигуни працюють ефективно лише на високих потужностях і дуже неефективно при малих навантаженнях, у такому режимі вони найчастіше працюють, пересуваючись по місту. Це призводить до високого споживання палива та до більшої кількості викидів CO<sub>2</sub>.

#### **Виклад основного матеріалу.**

#### **Переваги двигуна зі змінним робочим об'ємом**

Розглянутий механізм двигуна з безступінчастою зміною робочого об'єму принципово змінює докорінну будову двигуна, яка практично не змінилася з моменту винаходу двигуна внутрішнього згоряння.

Цей агрегат працює, як і будь-який інший двигун, від згоряння палива в робочій камері поршня, тим самим передаючи енергію на шатун, далі на колінчастий вал, який у свою чергу вже з'єднаний з коробкою швидкостей чи насосом.

Особливість цього двигуна полягає в новій будові. Форма його колінчастого вала не має аналогів, тим самим це робить його унікальним і в цьому полягає принцип роботи. За рахунок такої форми по ньому може без перешкод переміщуватися муфта, яка і є регулятором об'єму двигуна. На муфті вже на підшипниках закріплена тримаюча корона, на якій знаходяться дев'ять шатунів з поршнями. Також муфту і колінчастий вал поєднує активний поршень, який і керує переміщенням муфти по валу. Переміщення відбувається за рахунок гідравлічної рідини, що проходить по двох гідравлічних шлангах до камер всередині самої муфти [4, с. 28–33].

Таке рішення в декілька разів поліпшує характеристики і можливості цього двигуна. Саме тому сьогодні є можливість регулювати об'єм двигуна, що дозволяє йому працювати в оптимальних умовах, співвідносячи навантаження та оберти двигуна.

Безступінчаста система зміни робочого об'єму двигуна розширює робочий діапазон високої ефективності там, де двигун працює під час нормального пересування. Це досягається за допомогою системи колінчастого вала і підключення системи тяг, що дозволяє скорегувати відстань поршнів на негайній і постійній основі під час регулювання швидкості згоряння, а також для підтримки ступеня стиснення.

Такий двигун виключає втрату тяги, а також знижує втрати на зношення поршневих частин більш ніж на 50 %, і підтримує повний коефіцієнт розширення повного ходу в ще менших рівнях потужності [2, с. 45–51].

Дослідження потужності двигуна показують поліпшення на 30 % витрати палива у порівнянні з еквівалентним об'ємом бензинового двигуна звичайного зразка (рис. 2).

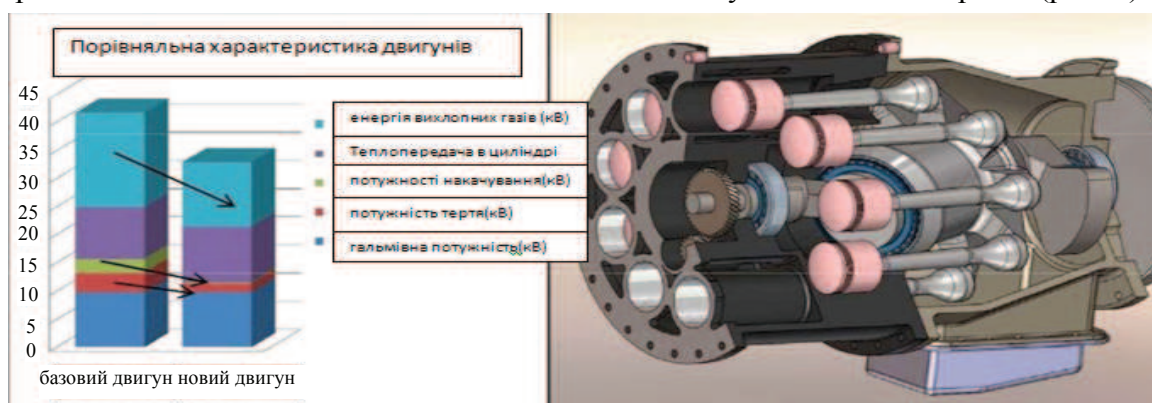


Рис. 2. Порівняльна характеристика двигунів

Він має набагато менші розміри, що дозволяє зменшити розміри моторного відсіку або використати простір для інших цілей. За рахунок такого розміщення циліндрів у двигуна буде набагато менша вібрація, що дозволить зменшити товщину сталі у місцях кріплення мотора [8].

### Вдосконалення конструкції

Але в нього є недоліки. Це система кріплення шатуна за допомогою сферичних поверхонь, таку конструкцію дуже важко виготовити, що значно збільшує вартість цього агрегата і зменшує його конкурентну спроможність на ринку силових машин.

Розглянемо детально кінематичну схему такого двигуна (рис. 3). Відомо, що деталі, які поєднані між собою з можливістю відносного переміщення, утворюють кінематичну пару. З кінематичної схеми такого двигуна видно, що він має 9 ланок, які, у свою чергу, утворюють 12 кінематичних пар різного виду та класу. Цей двигун має три обертальні кінематичні пари п'ятого класу, чотири поступальні кінематичні пари п'ятого класу та п'ять сферичних кінематичних пар третього класу [7]. Якщо визначити ступінь рухомості такого механізму за формулою Чебишева для просторових механізмів, то:

$$W = 6n - (5P_V + 4P_{IV} + 3P_{III} + 2P_{II} + P_I), \quad (1)$$

де  $n$  – кількість ланок механізму;

$P_V$  – кількість кінематичних пар п'ятого класу;

$P_{IV}$  – кількість кінематичних пар четвертого класу;

$P_{III}$  – кількість кінематичних пар третього класу;

$P_{II}$  – кількість кінематичних пар другого класу;

$P_I$  – кількість кінематичних пар першого класу.

Підставивши значення, будемо мати:

$$W = 6 \cdot 9 - (5 \cdot 7 + 4 \cdot 0 + 3 \cdot 5 + 2 \cdot 0 + 0) = 4.$$

Отже, розглянутий механізм двигуна має чотири ступені рухомості. Це означає, що такий механізм повинен мати чотири вхідні ланки, але в дійсності у двигуна одна вхідна ланка – поршень. Відповідно, такий механізм не може працювати. Дійсно, якщо розглянути кріплення шатуна, то з обох боків він має сферичні поверхні і таке поєднання матиме три ступені рухомості. Якщо шатун буде мати сферичне кріплення з обох боків, то він не зможе здійснювати точно спрямований рух, що буде заважати роботі такого механізму [1].

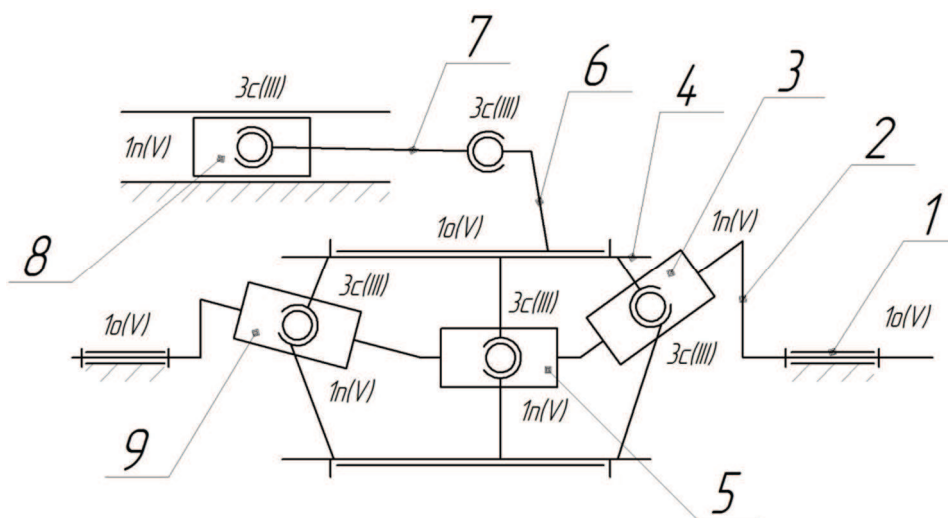


Рис. 3. Кінематична схема двигуна

Тобто такий двигун буде не тільки важко технологічно виготовити, але він ще не зможе здійснювати потрібні рухи. Для правильної роботи двигуна потрібно внести деякі зміни до конструкції. Автори пропонують змінити конструкцію саме шатуна. Поєднання шатуна з поршнем пропонується виконати таким же, як і у звичайних двигунах внутрішнього згоряння, тобто за допомогою шатунного пальця. Поєднання шатуна з короною пропонується виконати за допомогою хрестовини [3, с. 12–22]. Кінематична схема такого двигуна наведена на рис. 4.

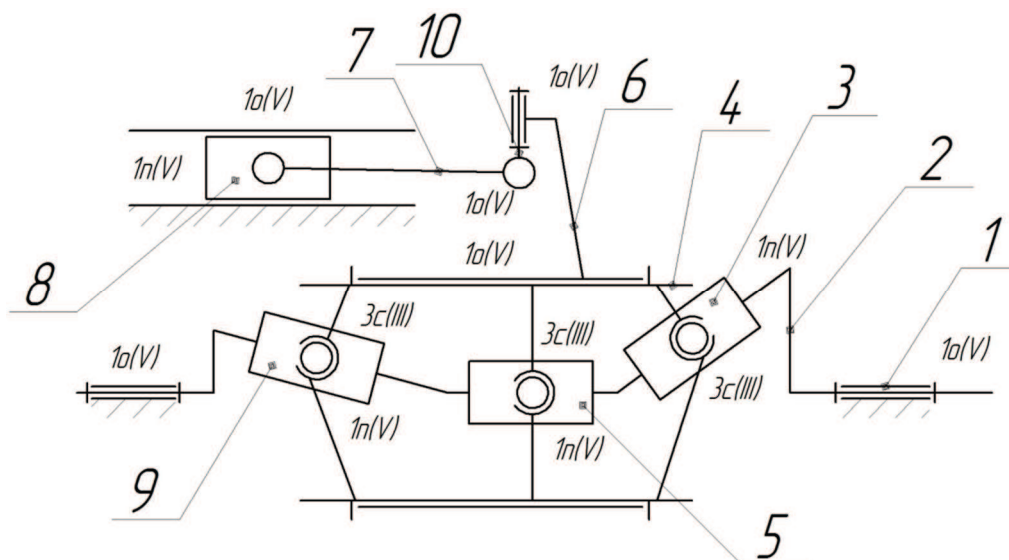


Рис. 4. Кінематична схема двигуна зі ступенем рухомості  $W=1$

З нової запропонованої кінематичної схеми двигуна видно, що він має 10 ланок, які, у свою чергу, утворюють 13 кінематичних пар різного виду та класу. Цей двигун має шість обертальних кінематичних пар п'ятого класу, чотири поступальні кінематичні пари п'ятого класу та три сферичні кінематичні пари третього класу. Відповідно за формулою Чебишева ступінь рухомості такого двигуна буде:

$$W = 6 \cdot 10 - (5 \cdot 9 + 4 \cdot 0 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 0 + 0) = 1.$$

Отже, такий механізм буде мати одну вхідну ланку, якою є поршень двигуна. Більше того, така конструкція двигуна буде більш технологічною, а відповідно, і мати меншу вартість виготовлення [9].

**Висновки і пропозиції.** Розроблено конструкцію двигуна внутрішнього згоряння з можливістю безперервної зміни робочого об'єму камери згоряння, що дозволило знизити масу двигуна та витрати пального, особливо під час роботи двигуна на низьких потужностях, характерних для міського циклу роботи.

#### Список використаних джерел

1. *Баландин С. С.* Бесшатунные двигатели внутреннего сгорания / С. С. Баландин. – М. : Машиностроение, 1972. – 176 с.
2. *Безюков О. К.* Анализ перспективности газопоршневых ДВС / О. К. Безюков, В. А. Жуков, О. И. Яценко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 2. – С. 45–51.
3. *Еникеев Р. Д.* Рабочий процесс перспективного поршневого ДВС / Р. Д. Еникеев, М. Д. Гарипов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2006. – Т. 7, № 3. – С. 12–22.
4. *Некоторые результаты сравнительных исследований показателей бесшатунного и классического двигателей* / Н. И. Мищенко, В. Г. Заренбин, Т. М. Колесникова [и др.] // Двигатели внутреннего сгорания. – 2014. – № 2. – С. 28–33.
5. *Орлин А. С.* Двигатели внутреннего сгорания / А. С. Орлин, М. Г. Круглов. – М. : Машиностроение, 1990. – 284 с.
6. *Экспериментально-теоретические исследования технико-экономических показателей атмосферных поршневых двигателей внутреннего сгорания и анализ отечественного опыта* / Л. А. Захаров, А. Н. Тарасов [и др.] // Труды НГТУ. – 2015. – № 2. – С. 177–189.
7. *Pouliot H. N., Robinson C. W. and Delameter W. R. (1978). Variable- Displacement Spark-Ignition Engine Final Report. Report, no. SAND77-8299, Sandia Laboratories, Livermore, California.*
8. *Reitz, R. D. (2013). Directions in internal combustion engine research Combustion and Flame. – Vol. 160. – № 1. – P. 1–8.*
9. *Stone R. (2012). Introduction to internal combustion engines, Palgrave Macmillan.*