

УДК 621.43

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КІНЕМАТИКИ НА РОБОЧИЙ ПРОЦЕС БЕЗШАТУННОГО ДВИГУНА

Колеснікова Тетяна Миколаївна, канд.тех.наук. доцент каф. ЕРМ,
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
e-mail: tnk1403@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8568-4688

Чуйко Станіслав Владиславович, студент, Придніпровська державна
академія будівництва та архітектури, e-mail: staschuiko03@gmail.com

Кушнір Ростислав Юрійович, студент, Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури, e-mail: rostik03kyshnir007gmail.com

Карашук Владислав Юрійович, студент, Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури, e-mail: vladik.kar@i.ua

Подолінський Марк Максимович, студент, НТУ «Дніпровська політехніка»,
e-mail: Podolinskyi.M.M@nmu.one

Актуальність теми пов'язана дослідженню кінематики на робочий процес безшатунного двигуна.

Метою є дослідження кінематичних параметрів безшатунного двигуна з кривошипно-кулісним силовим механізмом.

Предметом дослідження є оцінка впливу кривошипно-кулісного силового механізму безшатунного двигуна на його кінематичні параметри.

Нині вимоги до екологічності та економічності вироблених двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) стають найефективнішим способом боротьби за ринки збуту продукції, що використовує ДВЗ як силовий агрегат. Однак резерви вдосконалення ДВЗ традиційними високотехнологічними способами використані практично до межі, тому необхідний пошук нових рішень.

В Україні та за кордоном як джерела механічної енергії переважають поршневі кривошипно-шатунні двигуни. Це пояснюється їхньою високою економічністю та хорошими потужностними показниками. Однак ці двигуни мають і суттєві недоліки: конструктивна складність; значна кількість деталей; велике число сполучень, що працюють із тертям ковзання; складність; трудоємкість; дорожня технологія виробництва.

Однак, незважаючи на широке поширення кривошипно-шатуних двигунів, питання поліпшення техніко-економічних і масогабаритних показників поршневих ДВЗ завдяки використанню резервів, які надають кінематичні схеми перетворювальних механізмів, відмінні від кривошипно-шатуної, залишаються на цей час відносно мало розробленими як у теорії, так і на

практиці. Одне з розв'язань проблеми – застосування безшатунних двигунів із кривошипно-кулісним силовим механізмом (БДККМ).

Схема, кінематика і компоновання БДККМ мають низку принципівих відмінностей від таких кривошипно-шатунних механізмів (КШМ). Безшатунний механізм дає можливість конструктивно просто здійснювати двосторонній робочий процес за малих габаритів і високої швидкохідності двигунів у циліндрах.

При використанні безшатунного механізму повністю виключається тертя поршнів об стінки циліндрів і значно знижуються навантаження і тертя в кінематичних парах механізму на одиницю потужності, що розвивається. Завдяки цьому у безшатунних двигунів, порівняно з аналогічними кривошипно-шатунними, у кілька разів знижуються сумарні втрати потужності на тертя, значно збільшується ККД, підвищуються економічність, надійність і створюються сприятливі умови для збільшення моторесурсу двигунів та їхнього подальшого форсування за наддувом, числом обертів і середньою швидкістю поршня [1]. До переваг БДККМ належить і повна відсутність бічних сил, що діють на поршень і стінку циліндра, і сил інерції порядків, вищих за перший, що зменшує зношення деталей, істотно спрощує, а в багатьох випадках унеможливорює необхідність у врівноважуванні, і підвищує рівномірність ходу двигуна [1, 2].

Усі побудовані безшатунні двигуни мали порівняно з аналогічними кривошипно-шатунними двигунами рівної потужності в кілька разів менші габарити, більшу літрову потужність, меншу питому витрату палива, меншу питому масу конструкції і збільшений моторесурс. Таким чином, необхідність істотного поліпшення показників теплових двигунів (насамперед, масогабаритних) обумовлює доцільність наукових досліджень у галузі БДККМ. На рис. 1 показана конструктивна схема цього двигуна [3]. В двигуні робочий процес здійснюється як у звичайному чотиритактному бензиновому ДВЗ.

Механізм перетворення зворотно-поступального руху поршня в обертальний рух колінчастого валу розміщений в картері 5 двигуна та включає два колінчастих вала 6. На кривошипних шийках колінчастих валів знаходяться повзуни 6, що рухаються по направляючим куліси 4, яка за допомогою штока 3 з'єднана з поршнем 2.

При обертанні колінчастих валів додаткові противаги 8 завжди складають з вертикаллю кута, рівний куту повороту кривошипу. Горизонтальні складаючи центробіжних сил інерції цих противаг рівні по величині, направлені у різні сторони та, отже, взаємно врівноважені. Рівнодіюча вертикальних складаючих сил інерції противаг розміщена по осі циліндра двигуна та при будь-якому куті повороту колінчастого валу направлена в сторону, протилежну силі інерції від зворотно-поступально рухаючихся мас.

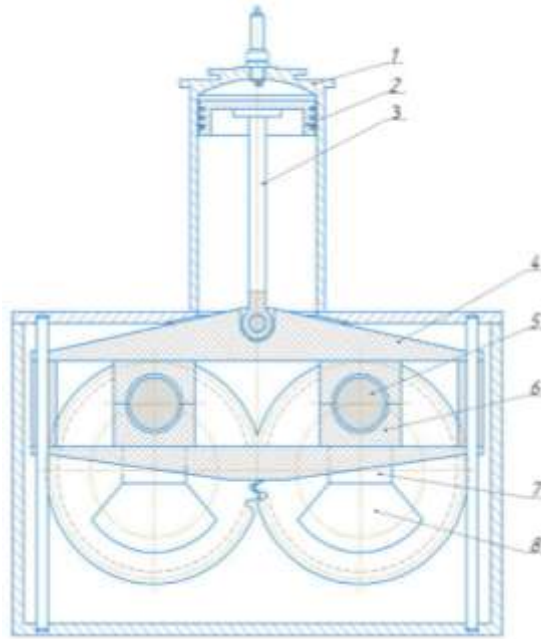


Рисунок 1 – Конструктивна схема безшатунного двигуна: 1 – циліндр;
2 – поршень; 3 – шток; 4 – куліса; 5 – картер;
6 – повзуни; 7 – колінчасті вали; 8 – противаги

При відповідному підборі мас противаг в двигуні забезпечується повне зрівноваження сили інерції усіх рухаючих частин. Завдяки відсутності шатуна значно зменшуються механічні втрати на тертя в циліндропоршневій групі, що призводить до підвищення механічного ККД двигуна.

На рис. 2 показано кінематична схема двигуна з ККМ, де $R = OB$ – радіус кривошипа; $s_x = A'A$ і $s_y = B'B$ – переміщення відповідно поршня та повзуна при повороті кривошипа на кут φ .

Приймаючи початок переміщення поршня – в. м. т., отримаємо:
для поршня

$$s_x = R(1 - \cos\varphi); \quad (1)$$

де R – радіус кривошипа.
для повзуна

$$s_y = R\sin\varphi. \quad (2)$$

Залежності для швидкості руху v_x поршня та швидкості v_y повзуна по напрямних кулісах

$$v_x = R\omega \sin\varphi; \quad (3)$$

$$v_y = R\omega \cos\varphi. \quad (4)$$

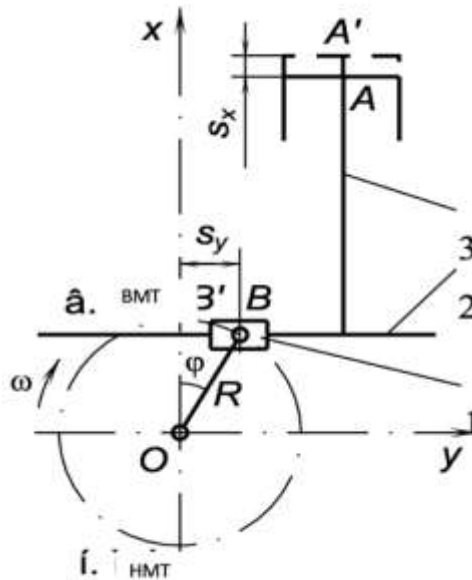


Рисунок 2 – Схема кінематики безшатунного двигуна: 1 – повзун;
2 – куліса; 3 – шток поршня

Прискорення поршня та повзуна

$$j_x = R\omega^2 \cos\varphi; \quad (5)$$

$$j_y = -R\omega^2 \sin\varphi. \quad (6)$$

де ω – кутова швидкість поршня, рад/с.

На рис. 3, 4, 5, показані графіки залежностей переміщення, швидкості та прискорення поршня від кута повороту колінчастого валу для безшатунного двигуна [4].

Там для порівняння наведені кінематичні функції класичного двигуна з такими ж конструктивними параметрами.

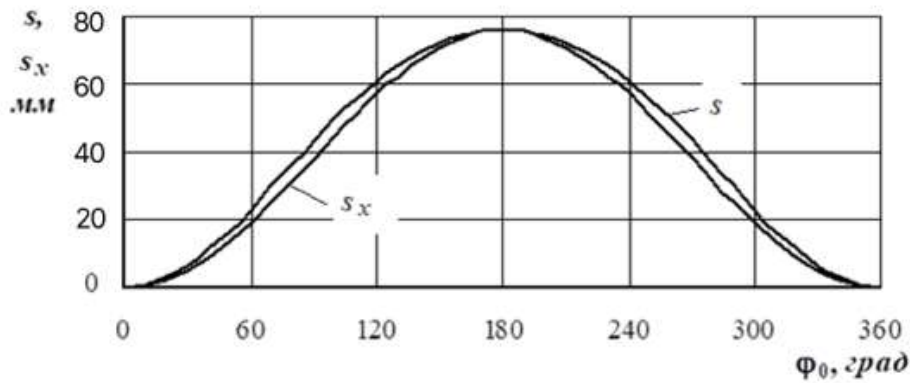


Рисунок 3 – Кінематичні характеристики (для $R = 36,75$ мм, $n = 5500$ хв⁻¹):
 s_x – графік зміни переміщення поршня безшатунного двигуна;
 s – класичного двигуна при $\lambda = R / L = 0,2759$ (де $L=133,2$ – довжина шатуна)

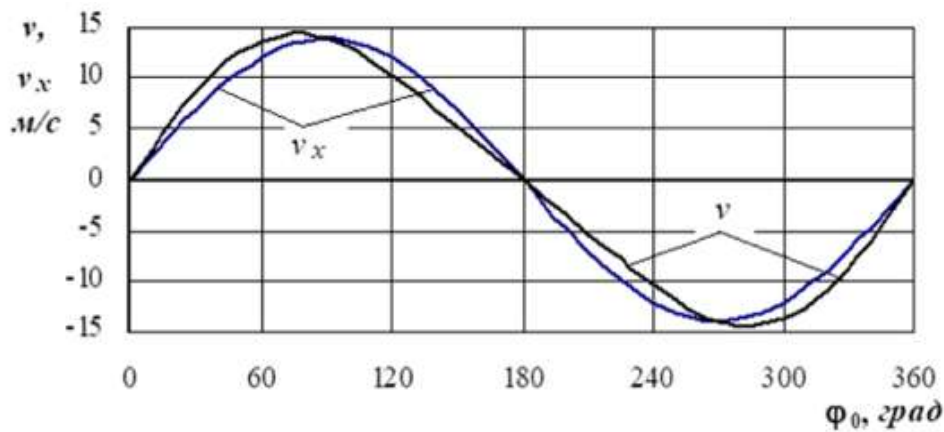


Рисунок 4 – Кінематичні характеристики (для $R = 36,75$ мм, $n = 5500$ хв⁻¹):
 v_x, – графіки зміни швидкості поршня безшатунного двигуна;
 v – класичного двигуна при $\lambda = R / L = 0,2759$ (де $L=133,2$ – довжина шатуна)

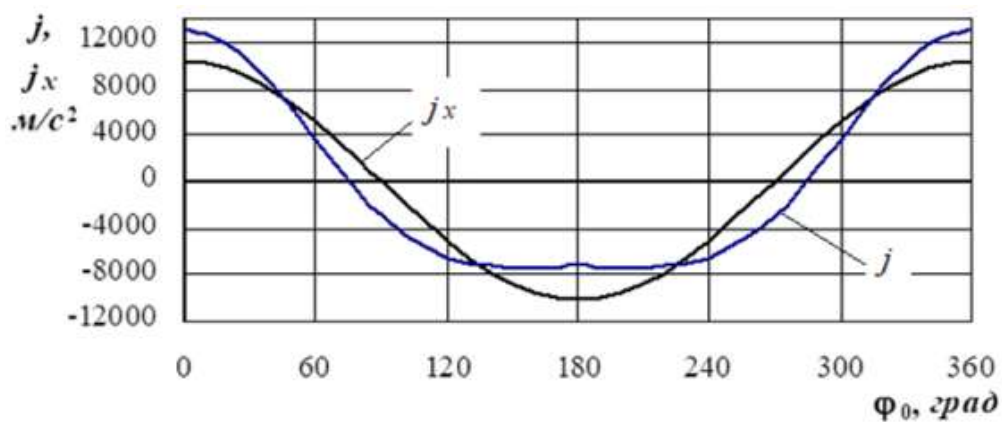


Рисунок 5 – Кінематичні характеристики (для $R = 36,75$ мм, $n = 5500$ хв⁻¹):
 j_x – графіки зміни прискорення поршня безшатунного двигуна;
 j – класичного двигуна при $\lambda = R / L = 0,2759$ (де $L=133,2$ – довжина шатуна)

Висновки

Аналіз принципів дії конструктивної схеми БДККМ дає змогу виявити особливості його кінематичних характеристик. Основні рівняння кінематики, наведені в роботі, дають можливість виявити характер перебігу кінематичних параметрів БДККМ, а також визначити характер впливу різних конструктивних параметрів механізму на кінематичні характеристики двигуна. Результати досліджень дають змогу визначити комплексний взаємозв'язок процесів, що протікають у механізмах безшатуних двигунів та особливості термодинамічного циклу безшатуного двигуна.

Література

1. Міщенко М.І. Нетрадиційні малорозмірні двигуни внутрішнього згорання. У 2 томах. Т. 1. Теорія, розробка та випробування нетрадиційних двигунів внутрішнього згорання. - Донецьк: «Лебідь», 1998. - 228 с. 2. Міщенко М.І. Перспективна конструкція безшатуного двигуна внутрішнього згорання. Автошляховик України. 1998. № 2. С. 16–17.
2. Міщенко М.І., Заренбін В.Г, Колеснікова Т.М. Деякі результати порівняльних досліджень показників безшатуного та класичного двигунів. Двигуни внутрішнього згорання. 2014. 9. С. 28 – 33.
3. Міщенко М.І. Перспективна конструкція безшатуного двигуна внутрішнього згорання. Автошляховик України. 1998. № 2. С. 16–17.
4. Міщенко М.І., Хімченко А.В. Особливості кінематики одноциліндрового двигуна з двома шатунами, з'єднаними з двома колінчастими валами. Галузеве машинобудування. 1998. 5. С. 22–25.