

УДК 621.43

П. В. Кравчук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

БУДОВА, ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ПЕРЕВАГИ РОТОРНОГО ДВИГУНА ЗОВНІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Наведено принципово нову конструкцію двигуна зовнішнього згоряння, реалізацію його термодинамічного процесу, виконано порівняння із традиційними двигунами зовнішнього згоряння.

Ключові слова: *двигун, зовнішнє згоряння, ротор, нагрівач, регенератор, охолоджувач, теплота, баланс, робочий процес, індикаторна діаграма.*

Постановка проблеми

Рівень розвитку країн тісно пов'язаний зі споживанням енергії. На сьогодні нафта залишається основною у використанні на автомобільному транспорті. Нафта нерідко є предметом військових конфліктів, торговельних війн та суперечок на рівні держав. Окрім того світові запаси нафти невинно вичерпуються при постійному зростанні світового споживання та зростанні цін на нафтопродукти. Тому пошук альтернативних силових установок є актуальною задачею, які можуть забезпечити конкуренцію традиційним поршневым двигунам внутрішнього та зовнішнього згоряння, електричним установкам з точки зору економічності, токсичності відпрацьованих газів та низької вартості використовуваного палива. Для нашої країни даний двигун має важливе значення, оскільки може працювати на паливах, запаси яких в нашій країні є значними (наприклад, палива похідні від вугілля, вартість яких нища від вартості палив нафтового походження в 4–6 разів), а також сприяти розвитку вуглепереробної, вуглевидобувної та створити нові галузі хімічної промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У результаті аналізу попередніх досліджень виявлено розкриття в них:

- основних принципів конструювання двигунів зовнішнього згоряння [1–3];
- термодинамічних процесів двигунів зовнішнього згоряння [1–3];
- методів розрахунку двигунів зовнішнього згоряння [1–3];
- використання теплових акумулюючих систем [1].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

До основних невирішених раніше проблем двигунів зовнішнього згоряння слід віднести:

- спрощення конструкції двигуна;

- підвищення моторесурса;
- підвищення ККД;
- зниження експлуатаційних витрат.

Формування цілей статті

Мета статті – представлення нової конструкції двигуна зовнішнього згоряння та здійснення термодинамічного процесу.

Викладення основного матеріалу дослідження

В результаті аналізу основних конструкцій двигунів зовнішнього згоряння встановлено основні причини, що не дають можливості отримати високі ефективні показники, а саме:

- неможливість підвищення ступеню стиску вище $\epsilon = 1,3 \dots 1,5$;
- наявність шкідливих об'ємів в нагрівачі, регенераторі і охолоджувачі;
- необхідність використання робочого тіла під надлишковим тиском 11...22 МПа;
- використання в якості робочого тіла водню або гелію, що обумовлює ускладнення конструкції та необхідність постійного поповнення системи;
- недовговічність ущільнень шток – поршень-виштовхувач;
- використання замкненого термодинамічного циклу;
- температура спряження гільза-поршень знаходиться в діапазоні 90...120 °С, що обумовлює додаткові втрати тепла в систему охолодження.

На рис. 1 наведено конструкцію роторного двигуна зовнішнього згоряння, який складається з робочого ротора 1 та перевідного ротора 2, що встановленні в картері на підшипниках з можливістю обертання завдяки шестерням 4, 5; компресором 6 повітря стискається та подається в теплообмінник 7. Теплообмінник складається з охолоджувача, регенератора та нагрівача. Початок розширення робочого тіла розпочинається, коли ротор робочий 1 та перевідний 2 знаходяться в початковому положенні, при цьому об'єм утворений в корпусі 3 лопаткою робочого ротора 1, а

також перевідного 2 є найменшим. Розширення робочого тіла здійснюється до кінцевого положення лопатки робочого ротора 1.

При розширенні робочого тіла одночасно лопаткою робочого ротора 1 здійснюється видалення робочого тіла від попереднього розширення. Відпрацьоване робоче тіло проходить через регенератор теплообмінника 7 де віддає частину тепла для використання в наступних робочих циклах. Регулювання потужності такого двигуна забезпечується зміною кількості робочого тіла, яке подається в робочий цикл при допомозі дозатора розподільника.

При використанні такої конструкції можна досягнути такого результату:

- застосування роторної конструкції дає можливість отримувати обертальний рух не використовуючи кривошипно-шатунного механізму та деталей поршневої групи, а також можливість більшого ступеня розширення, при цьому зменшивши температуру та тиск робочого тіла в кінці процесу розширення;

- роторна конструкція дає можливість не застосовувати ущільнюючі елементи, відсутність поверхонь тертя роторів дає можливість підвищити температуру основних деталей та зменшити теплові втрати;

- отримання високого механічного ККД за рахунок заміни кривошипно-шатунного механізму роторами;

- використання розімкненого термодинамічного циклу дає можливість підвищити ступінь стиску до $\varepsilon = 12 \dots 14$;

- використання в якості робочого тіла повітря;

- розділення механізмів призначених для стиснення та розширення робочого тіла забезпечує отримання різних співвідношень об'ємів стиснення та розширення;

- зменшення витрат мастильних матеріалів;

- збільшення моторесурса;

- зменшення шумності роботи за рахунок зменшення максимальних тисків, та відсутності зворотно-поступальних деталей;

- можливість роботи з тепловими акумулюючими системами на основі гідриду літію LiH, фториду літію LiF та окису алюмінію Al_2O_3 .

На рис. 2 показано термодинамічний цикл роторного двигуна зовнішнього згоряння, в основі якого лежить цикл, який складається з наступних процесів: стиснення по політропі ac з відведенням теплоти Q_2^- ; підведення теплоти Q_1^+ по ізохорі cz при $V = \text{const}$; розширення по політропі zb ; відведення теплоти по ізохорі ba Q_2^- при $V = \text{const}$. Даний цикл є розімкненим, компресор 6 (рис. 1) стискає повітря забране ззовні, відпрацьований повітряний заряд поступає в

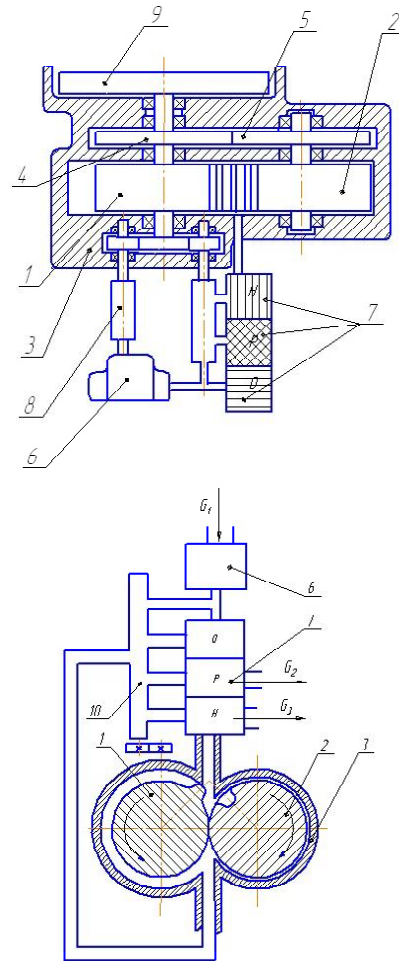


Рис. 1. Двигун зовнішнього згоряння: 1 – ротор робочий; 2 – ротор перевідний; 3 – корпус; 4, 5 – зубчата передача; 6 – компресор; 7 – регенератор, нагрівач, охолоджувач; 8 – варіатор; 9 – маховик; 10 – дозатор-розподільник; G_1 – повітря, яке споживає двигун; G_2 – відпрацьоване робоче тіло; G_3 – відпрацьовані гази нагрівача

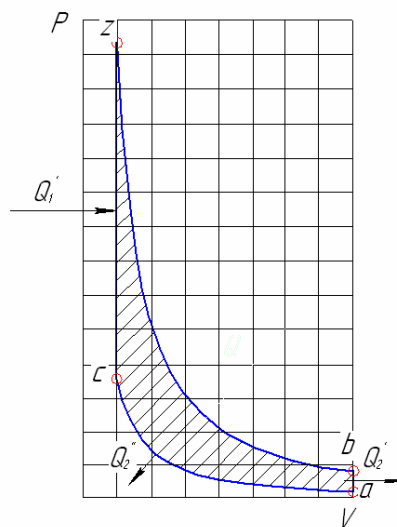


Рис. 2. Термодинамічний цикл роторного двигуна зовнішнього згоряння

регенератор наступного ступеня роторного механізму, та бере участь в організації процесу згоряння нагрівача, підвищуючи загальний ККД силового агрегату.

Розглянемо рівняння теплового балансу двигуна:

$$Q_{нал} = Q_e + Q_{охол} + Q_{вз} + Q_{н.з} + Q_{н.вт}$$

де Q_e – теплота, еквівалентна ефективній роботі; $Q_{охол}$ – теплота, втрачена в системі охолодження; $Q_{вз}$ – теплота, втрачена з відпрацьованими газами; $Q_{н.з}$ – втрати теплоти внаслідок неповноти згоряння; $Q_{н.вт}$ – невраховані втрати теплоти.

На рис. 3 наведено тепловий баланс роторного двигуна, отриманого розрахунковим шляхом. В порівнянні із традиційними поршневыми двигунами зовнішнього згоряння в роторному двигуні зовнішнього згоряння менше втрачається теплоти в систему охолодження, зростає кількість тепла, що перетворюється в ефективну роботу при частоті обертання вищій за 1000 об/хв, зростають втрати з відпрацьованими газами.

Робочий цикл характеризується наступними показниками: максимальна температура згоряння $T_{z\max} = 1500$ К, максимальний тиск $P = 6$ МПа, механічний коефіцієнт корисної дії $\eta_m = 0,92$; об'ємний ККД $\eta_o = 0,88$, ефективний ККД 38..42 %.

Висновки і перспективи подальших розвідок

В результаті виконаних досліджень спроектовано роторний двигун зовнішнього згоряння, який може створити конкуренцію традиційним двигунам зовнішнього згоряння, внутрішнього згоряння, а при використанні даного двигуна з тепловою акумулюючою системою конкуренцію електричним силовим установкам. На дану конструкцію отримано патент №52330А Україна.

В наступній статті планується висвітлення конструкції дозатора-розподільника, нагрівача, регенератора і охолоджувача, термодинамічний розрахунок.

Кравчук П.В. Устройство, принцип работы и преимущества роторного двигателя внешнего сгорания

Приведена принципиально новая конструкция двигателя внешнего сгорания, реализация термодинамических процессов, выполнено сравнительную характеристику с традиционными двигателями внешнего сгорания.

Ключевые слова: двигатель, внешнее сгорание, ротор, нагреватель, регенератор, охладитель, теплота, баланс, рабочий процесс, индикаторная диаграмма.

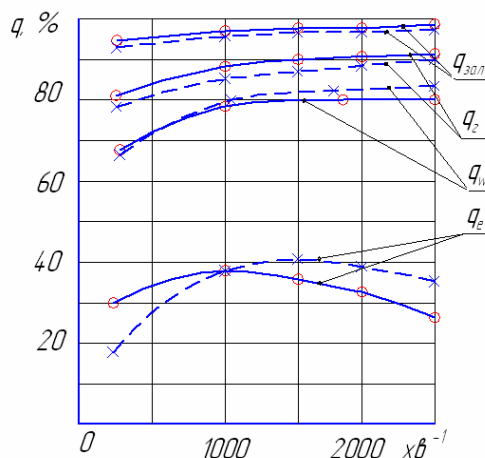


Рис. 3. Тепловий баланс: — для поршневого двигуна зовнішнього згоряння; --- для роторного двигуна зовнішнього згоряння; q_e – теплота, еквівалентна ефективній роботі; q_w – теплота, втрачена в систему охолодження; q_g – теплота, втрачена з відпрацьованими газами; $q_{заг}$ – не враховані втрати теплоти

Список літератури

1. Бородянский В. М. Двигатели Стирлинга / Бородянский В. М. – М. : Мир, 1975. – 448 с.
2. Орлин А. С. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей / Орлин А. С., Вырубов Д. Н., Ивин В. И. – М. : Машиностроение, 1972. – 464 с.
3. Двигатели типа Стирлинг фирмы Филипс // Поршневые и газотурбинные двигатели. – М., 1973. – № 11. – 18 с.
4. Пат. 52330А Україна, 7F02G1/04,1/06 Роторный двигатель с внешним подведением тепла / П. В. Кравчук (Україна). – № 2002042903 ; заявл.11.04.02 ; опубл. 17.01.2005, Бюл. № 1, 2005 р.

Поступила в редакцию 06.09.2011