

УДК 621.431:629.5

## **ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЯХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

Думенко К.М., к.т.н.,

*Миколаївський державний аграрний університет*

Тел. (050) 77-66-333;

Бондаренко О.В., к.т.н.

*Миколаївський державний аграрний університет*

Тел. (095) 04-45-768

**Анотація** – в роботі визначено недоліки роботи зернозбиральних машин, встановлена і підтверджена практична перспективність використання вуглекомпозиційних матеріалів для виготовлення триботехнічних вузлів та інших термонапружених деталей машин різного призначення.

**Ключові слова** – двигун зернозбиральної машини, вуглекомпозиційні матеріали, термонапруження, триботехнічні вузли.

*Постановка проблеми.* Новітні технології виробництва композиційних матеріалів і технічної кераміки з унікальними властивостями сприяють все більш широкому їх використанню в екстремальних умовах експлуатації об'єктів. Тенденція застосування термонапружених деталей з композиційних матеріалів у сучасних зернозбиральних машин обумовлена значним поліпшенням деяких характеристик машини, які є неможливими при металевому їх виконанні. До найбільш термостійких неметалевих матеріалів відносяться технічна кераміка на основі карбиду і нітриду кремнію, оксиду цирконію, нітриду гафнію, вуглецева кераміка, вуглець-вуглецеві композиційні матеріали та інші.

*Аналіз останніх досліджень.* Основне завдання проектування нових зернозбиральних машин полягає в забезпеченні високої економічності, зниження масогабаритних показників, зниження рівня вібрацій, екологічності, високого ресурсу. Це системна задача, вирішення її потребує системного осмислення, використання нових матеріалів як для окремих елементів, так і конструкції двигуна машини в цілому[1].

Одним з недоліків металів є низька термостійкість, що знижує міцність в умовах агресивного середовища, високої температури і циклічності її зміни, тому двигуни у традиційному виконанні обладнані системою примусового охолодження, яка споживає до 25% тепловиділення двигуна. Скасувати систему примусового охолодження двигуна тим самим підвищити температуру циклу і повніше використовувати термодинамічні резерви економічності шляхом простої заміни металевих деталей керамічними без зміни конструкції двигуна є безперспективним, через крихкість кераміки в умовах високочастотних ударних навантажень. Крім того, підвищення температури в циліндрі дизельного двигуна викличе зменшення коефіцієнта наповнення і скорочення періоду затримки самозаймання, що погіршить сумішоутворення при існуючих параметрах паливоподавальної системи[3].

*Мета роботи.* В роботі визначена перспективність використання вуглекомпозиційних матеріалів для виготовлення триботехнічних вузлів та інших термонапружених деталей роторних машин різного призначення.

*Результати досліджень.* Максимальне використання позитивних властивостей неметалевих матеріалів — висока термостійкість, низький коефіцієнт термічного розширення, мала щільність, низький коефіцієнт тертя тощо, пов'язане із забезпеченням конструктивних, термодинамічних, експлуатаційних умов — зниження динамічних, механічних, теплових ударних навантажень, зниження обсягу механічної обробки алмазним інструментом, попередження утворення тріщин. Одним з найважливіших аспектів проектування двигуна зернозбиральної машин є розгляд термодинамічних процесів, тобто системний аналіз термодинамічних циклів.

Найбільш зручно аналізувати термодинамічний цикл за допомогою його коефіцієнта корисної дії, аналітичний вираз якого має вигляд

$$\eta = 1 - \frac{\varphi_Z}{\varepsilon_a^{K-1}}, \quad (1)$$

де:  $\varepsilon_a$  — ступінь адіабатного стиснення;

$\varphi_Z$  — ступінь максимального тепловиділення циклу;

$$\varphi_Z = \frac{Z_1}{Z_2}, \quad (2)$$

$Z_1, Z_2$  — безрозмірні характеристики підведення та відведення теплоти.

Для проведення порівняльного аналізу різних термодинамічних циклів задамо граничні умови, тобто межу можливих змін температури реальних циклів. Для вуглеводневих палив при нинішніх засобах спалювання в повітрі приймемо  $T_Z = 2200\text{ K}$ ,  $T_A = 300\text{ K}$ , частка вмісту вуглецю, водню, та кисню відповідно  $C = 0,004$ ,  $H = 0,126$  та  $O = 0,004$ , теплота згоряння палива  $H_U = 4 \cdot 10^7 \text{ Дж / кг}$ . Програмне забезпечення дозволяє виконати теплові розрахунки індикаторних показників для різних циклів у заданому температурному інтервалі. Порівняльні розрахунки виконані для циклів Карно, Отто (ізохорне підведення та відведення тепла), Дизеля (ізобарне підведення і ізохорне відведення тепла), Сабат (зі змішаним ізохорно-ізобарний підведенням теплоти), Стірлінга, Шмідта, Фількенштейна, Еріксона, Ренкіна (цикл з ізобарним підведенням і відведенням тепла).

Аналіз порівняльних розрахунків показав, що в заданих інтервалах зміни температури і тиску найбільшу питому роботу при найбільшому ККД забезпечує цикл з ізобарний підведенням тепла. Отже, двигун може мати найменші габарити і матеріаломісткість. Крім того, цикл з ізобарним підведенням тепла забезпечує найбільш «м'яку» роботу двигуна, що дозволяє застосовувати деталі з технічної кераміки і композиційних матеріалів.

Швидкість тепловиділення — це частка тепла, що виділилася при згоранні палива від початку горіння до розглянутого моменту, є найважливішим показником якості протікання робочого процесу двигуна (її побудова здійснюється за результатами вимірювання поточного тиску в циліндрі).

Результати розрахунку параметрів ізобарного циклу в зазначеному інтервалі зміни температури і зміни коефіцієнта надлишку  $\lambda$  повітря наведено в таблиці, у якій прийняті позначення:  $\varepsilon_a$  — ступінь адіабатного стиснення,  $L$  — питома робота циклу,  $\varphi_Z$  — ступінь максимального тепловиділення,  $T_C$  — максимальна температура при стисненні, °C,  $\eta_t$  — коефіцієнт корисної дії.

Аналіз даних таблиці показує, що оптимальним за форсуванням є режим при  $\lambda = 1,6$ . З підвищенням  $\lambda$  коефіцієнт корисної дії зростає, але досягається це ціною різкого підвищення тиску в кінці стиску, небезпечного для роботи двигуна і нездійсненого в реальному двигуні із-за високої температури в кінці стиску, що створює критичний стан роботи деталей двигуна. Крім того, з підвищенням коефіцієнта надлишку повітря, більше 1,6, питома робота циклу знижується. Ступінь максимального тепловиділення, як і слід було очікувати, практично залишається постійною.

Таблиця 1. Результати розрахунку параметрів ізобарного циклу

$\lambda$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
$\varepsilon_a$	4,9	15,3	26,3	37,5	48,2	58,3	67,4	75,6	83,5	90,6
$\varphi_z$	1,0	1,05	10,5	1,03	1,02	1,01	1,0	1,0	1,0	1,0
$T_c$	568	893	1109	1279	1414	1525	1617	1693	1761	1820
$\eta_t$	0,26	0,58	0,68	0,73	0,77	0,79	0,81	0,81	0,82	0,82

У двигуні зернозбиральної машини традиційної конструкції перспективно використовувати нові неметалеві матеріали для окремих деталей і вузлів з урахуванням специфіки їх функцій і властивостей матеріалів. Наприклад, поршневі кільця, виконані з вуглець-вуглецевого композиційного матеріалу, за своїми функціональними властивостями значно перевершують металеві кільця. Завдяки високій термостійкості, низькому значенню коефіцієнту термічного розширення, що мало залежить від температури, вуглецевий композиційний матеріал ідеально підходить для виготовлення прецизійних пар. Застосовуючи спеціальні антифрикційні наповнювачі для композиційних матеріалів їх можливо використовувати, як матеріал для підшипників ковзання широкого призначення.

Композиційні матеріали перспективні для роторних двигунів, які не отримали застосування в металевому виконанні із-за труднощів забезпечення високої герметичності. Дослідженнями встановлено найбільш оптимальний для роторного двигуна термодинамічний цикл — з ізобарним підведенням і відведенням тепла. Авторами розроблено та апробовано узагальнена модель керованого термодинамічного циклу теплового двигуна, що дозволяє знаходити оптимальні рішення в конкретних випадках, наприклад, для теплового роторного двигуна зовнішнього згоряння (зовнішнього теплопідводу) з виносної камерою. Такий двигун може працювати на природному газі, а також на водні. Особливість двигуна в роторному виконанні — використання деталей і вузлів з композиційних матеріалів.

*Висновки.* У результаті проведених досліджень встановлена і підтверджена практична перспективність використання вуглекомпозиційних матеріалів для виготовлення триботехнічних

вузлів та інших термонапружених деталей роторних машин різного призначення: насосів, компресорів, розширювальних машин з висувними і поворотними лопатями, двигунів внутрішнього і зовнішнього згорання.

#### Література

1. *Картинос Д.М.* Композиционные материалы / Под ред. *Д.М. Картиноса*. — Киев : Наукова думка, 1985. —125 с.
2. *Геллер Б.Э.* Справочник по композиционным материалам / Перевод с англ. Под ред. *Б.Э.Геллера*. — М. : Машиностроение, 1988.—87 с.
3. *Захаров Ю.В.* Системный подход к созданию судового адиабатного двигателя / *Ю.В. Захаров, Ю.В. Селезнев* // Сб. научн. тр. «Судовое машиностроение». — Николаев, 1986.— 69с.
4. *Костецкий Б.И.* Фундаментальные основы поверхностной прочности материалов при трении / *Б.И. Костецкий* — Киев : — Знание, 1980.— 110с.

### ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Думенко К.Н., Бондаренко А.В.

**Аннотация** – в работе определены недостатки работы зерноуборочных машин, установлена и подтверждена практическая перспективность использования углекомпозиционных материалов для изготовления триботехнических узлов и других термонапряженных деталей машин различного назначения.

### PERSPECTIVES COMPOSITE MATERIALS IN CONSTRUCTION INTERNAL CUTTING MACHINES

K. Dumenko, O. Bondarenko

#### *Summary*

**In the paper the disadvantages of internal cutting machines, installed and validated practical perspectives composite carbon materials for manufacturing units and other thermally stressed machine parts for different purposes.**