

теплообмінниками, які передають тепло вихлопних газів стиснутому повітрі перед згорянням. У комбінованому циклі тепло передається системам парових турбін. А при комбінованому виробництві тепла та електроенергії (когенерація) відпрацьоване тепло використовується для гарячої води. Чим менший двигун, тим вище повинна бути швидкість валу для підтримки максимальної лінійної швидкості лопаток, оскільки довжина кола (відстань, що проходить лопатка за один оборот) безпосередньо пов'язана з радіусом ротора. Максимальна швидкість лопаток турбіни визначає максимальний тиск, який може бути досягнутий, що призводить до максимальної потужності незалежно від розміру двигуна. Реактивний двигун обертається із частотою близько 10 000 об/хв, а мікротурбіна – із частотою близько 100 000 об/хв.

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є використання у системі ГТД газових опор, що використовують для живлення відпрацьовані гази. Саме якості газового мастильного матеріалу пояснюють успішне впровадження опор на газовому мащенні. Через малу в'язкість газів мінімальні втрати на тертя, а отже, й незначне тепловиділення, що дозволяє досягти досить великих частот обертання. Високі частоти обертання дозволяють зменшити розміри турбіни та його масу. Ще однією перевагою використання опор з газовим мащенням у ГТД є те, що вони не втрачаючи своїх експлуатаційних якостей, можуть працювати в широкому діапазоні температур та тисків (в'язкість газів практично не залежить від температури та тиску) [2].

## Література

1. Віштак І. В. Переваги використання підшипників з газовим мащенням / І. В. Віштак // Вісник Машинобудування та транспорту. – 2015. – № 1.- С. 9-13.

Воронков Олександр Іванович, д.т.н., професор, dralexadi@gmail.com

Стрілець Максим Васильович, аспірант

Пасечник Ксенія Миколаївна, студентка гр. АД-31-20

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Проведення необхідних випробовувань завжди було пов'язане з суттєвими витратами. Але з розвитком комп'ютерної техніки натурні випробування поступаються місцем комп'ютерному моделюванню, яке не вимагає наявності дорогої апаратури.

В роботі проводиться моделювання поверхні камери згоряння, необхідного для визначення показників сумішоутворення, розрахунку процесів тепло- і масообміну та ін.

На підставі моделі сумішоутворення запропонованих в роботах [1-4], та аналізі робочого процесу для зв'язку конструктивних параметрів дизеля з його

індикаторними показниками вводяться проміжні характеристики, так звані показники сумішоутворення. Для цілей і завдань даного дослідження в роботі прийняті показники, що впливають із прийнятої розрахункової моделі, що кількісно описують процес сумішоутворення.

Для розрахованої форми камери згорання обрана наступна фізична модель руху повітряного заряду в циліндрі дизеля. При впуску в циліндр дизеля повітряний заряд закручується у впускному гвинтовому каналі. Зі збільшенням радіуса камери згорання тангенціальна швидкість повітряного заряду збільшується й описується за законом руху твердого тіла. Поблизу стінки камери згорання відбувається швидке загасання швидкості й рух повітряного заряду підкоряється закону потенційного вихру. Зміщення камери згорання із прийнятною точністю враховується виправленнями [4].

Для аналітичного опису поверхні камери згорання, а також визначення границі відбитка паливного факела на її поверхні використовується апарат R-Функцій.

Для R-Кон'юнкції, R-диз'юнкції вводяться наступні формули:

$$x_1 \Lambda_{\alpha} x_2 = \frac{1}{2} (x_1 + x_2 - \sqrt{x_1^2 - x_2^2 - 2\alpha x_1 x_2}) P_0(x_1, x_2), \quad (1)$$

$$x_1 \vee_{\alpha} x_2 = \frac{1}{2} (x_1 + x_2 - \sqrt{x_1^2 + x_2^2 - 2\alpha x_1 x_2}) g_0(x_1, x_2). \quad (2)$$

Якщо  $\alpha$ ,  $P_0$ ,  $g_0$  – диференційовані функції  $-1 \leq \alpha \leq 1$ , то для рівняння R-Кон'юнкції та R-диз'юнкції можна одержати диференційовані рівняння. Питання вибору функції  $\alpha$ ,  $P_0$ ,  $g_0$  вирішується в кожному конкретному випадку додаткових умов.

Розглянемо використання апарата R-Функції для одержання рівняння камери згорання у поршні дизеля з діаметром циліндра до 120 мм (рис. 1).

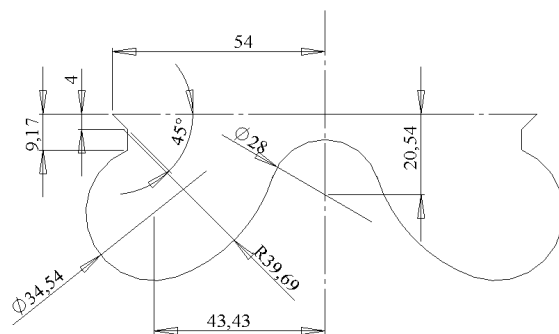


Рисунок 1. – Розміри камери згорання

Дана поверхня може бути складена із границь наступних областей:  
 - циліндра з радіусом  $R_K = 48,34$  мм ( при цьому  $4$  мм  $\leq z \leq 9,17$  мм):

$$48,34^2 - x^2 - y^2 = 0; \quad (3)$$

- верхньої частини сфери радіуса  $R_{сф} = 28 \text{ мм}$  із центром у точці  $(0; 0; 20,54)$ :

$$x^2 + y^2 + (z - 20,54)^2 - 28^2 = 0; \quad (4)$$

- конуса 2-го порядку, обмеженого площинами  $z_1 = 0$  й  $z_2 = 4$ :

$$Ax^2 + By^2 - Cz^2 = 0; \quad (5)$$

- однопорожнинного гіперболоїда, обмеженого площинами  $z_3 = 48,41$  і  $z_4 = 27,64$ :

$$Ax^2 + By^2 - Cz^2 = 1; \quad (6)$$

де  $A = \frac{1}{a^2}$ ;  $B = \frac{1}{b^2}$ ;  $C = \frac{1}{c^2}$  і вибираються для кожної кривої другого порядку окремо.

- еліптичного параболоїда, обмеженого площинами  $z_5 = 9,17$  й  $z_6 = 41,5$ :

$$\frac{x^2}{p} + \frac{y^2}{q} = 2z. \quad (7)$$

Апарат R-Функцій орієнтований в основному на використання комп'ютерної техніки, тому, незважаючи на громіздкість рівнянь (3-7), програмується легко. Це пояснюється «блоковим» підходом до програмування цих рівнянь, завдяки чому наступні операції програми складаються з результатів попередніх, а це дозволяє у свою чергу не записувати громіздкі результуючі рівняння для (3-7).

Розроблена математична модель скомпонована в програму розрахунку процесу сумішоутворення в дизелі із камерою згорання у поршні. Програма реалізована в середовищі MATLAB.

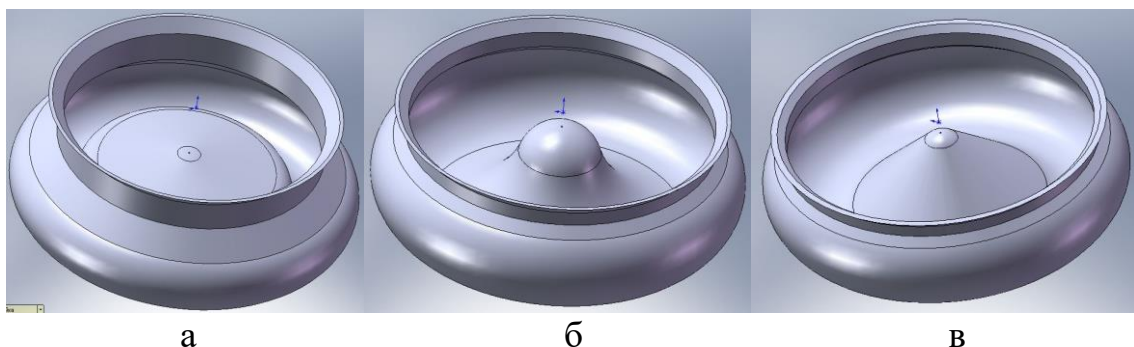


Рисунок 1. – Камери згорання дизельного двигуна без витискувача (а) і з витискувачем (б, в)

Висновки. За допомогою апарата R-Функцій орієнтованого в основному на використання комп'ютерної техніки, були прораховані площі поверхні різних камер згоряння. Апарат дозволяє з достатньою точністю провести необхідні розрахунки.

### Література

1. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 488 с ISBN 978-966-593-575-9.
2. Авраменко А.М. Сучасні методи дослідження економічних, екологічних та ресурсних показників дизельних двигунів: монографія. – Харків: ПІМаш НАН України, 2019. 204 с. ISBN 978-966-02-9043-3.
3. Воронков О. І. Удосконалювання процесу сумішоутворення в автомобільному дизелі із циліндричною камерою згоряння. Автореферат дис. канд. техн. наук. – Харків. – 1994. – 166 с.
4. Разлейцев Н.Ф. Дослідження, моделювання і оптимізація процесів згоряння у форсованих дизелях. Дис. докт. техн. наук. – Харків. – 1980. – 392 с.

Грицук Ігор Валерійович, д.т.н. проф., Херсонська державна морська академія, gritsuk\_iv@ukr.net.

Вербовський Валерій Степанович – к.т.н., ст. наук. співробітник, Інститут газу НАН України; company\_era@ukr.net.

Черненко Валентина Володимирівна – ст. викладач, Херсонська державна морська академія; v.chernenko18@gmail.com.

Дзигар Анатолій Костянтинівич - ст. викладач, Херсонська державна морська академія; anatoliidzygar@gmail.com

Поліщук Олександр Володимирович - Херсонська державна морська академія; 11041964v@gmail.com.

### **ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ**

Метою прогнозування параметрів технічного стану дизельної електростанції (ДЕС) умовах експлуатації є дослідження динаміки та виявлення виходів за допустимі межі значень контрольованих параметрів у майбутньому у відповідному інтервалі часу. В залежності від режиму роботи ДЕС і вибираються граничні значення для прогнозу. Якщо ДЕС працює в режимі основного джерела живлення системи, дуже важливо прогнозувати значення параметрів на короткий термін. У разі роботи ДЕС в аварійному режимі необхідно забезпечити отримання вимірювань не менше одного разу протягом одного включення.