

Філатов Сергій Валентинович, канд. техн. наук, доцент, КВНЗ «Криворізький державний педагогічний університет»

Кучма Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент, КВНЗ «Криворізький державний педагогічний університет»

Торіна Влада Миколаївна, магістр, КВНЗ «Криворізький державний педагогічний університет», v.torina2012@gmail.com

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕТОНАЦІЙНОГО ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

Сучасні автомобільні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), а особливо їх циліндропоршньова група (ЦПГ), працюють у тяжких умовах, що характеризуються високими швидкостями та прискореннями поршня й значними термомеханічними навантаженнями та тиском у ЦПГ.

Основною проблемою в роботі ДВЗ з детонаційним згоранням палива складає те, що при такому згоранні при великому тиску газів відбувається деформування деталей ЦПГ: «провалюються поршні», обриваються шатуни, згинаються колінвали, зриваються головки циліндрів та ін. Моделювання данного процесу дає можливість знизити цей шкідливий вплив на ЦПГ, підвищити його паливну економічність і експлуатаційні властивості з можливою зміною у його конструкції вузлів та агрегатів.

Аналіз публікацій. Аналіз спеціальної літератури показує, що основними методами досліджень при рішенні задач по моделюванню процесу згорання палива у ЦПГ є напружено-деформований стан тіла, їх аналітичні і чисельні методи та моделювання на еквівалентних матеріалах.

Внаслідок цього програма обчислень для одного МГЕ близько відтворює програму для будь-якого іншого методу. Основні відмінності стосуються лише різницею підпрограм, які використовуються для обчислень за тими чи іншими аналітичними виразами. Як наслідок гранично-елементні програми мають модульний характер, що дозволяє переходити від одного методу до іншого шляхом зміни модулів і введенням нових параметрів у головну програму.

Метою досліджень є вибір оптимального методу моделювання процесом детонаційного згорання палива, побудова ізолій напружень в ЦПГ і можливість керування процесом детонаційного згорання палива за рахунок зміни форми та регулювання тиску у камері згорання.

Як відомо одним з основних заходів підвищення потужності двигунів є збільшення їх об'ємів циліндрів, що у свою чергу веде до підвищення розмірів двигуна його металоємкості та витрат палива. Ефективним способом підвищення потужності двигунів є застосування турбонаддуву з одноступеневим або двоступеневим охолодженням повітря (інтеркуллера), що також дає можливість збільшити заповнення робочою сумішшю об'єму камери згорання без збільшення об'єму циліндрів двигуна. При цьому потужність двигуна підвищується на 40–60% в залежності від ступеня наддуву.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- побудувати розрахункові схеми з описом граничних контурів, завданням «польових точок» і симетрії;
- розробити блок-схему розрахункової програми (рис.1);
- застосувати оптимальні математичні рівняння та функції;
- отримати ізолінії напружень в циліндрі двигуна автомобіля.



Рисунок 1 – Блок-схема розрахункової програми

Визначення напрямків досліджень. Перший напрямок – це автоматичне керування процесом детонаційного згорання палива за допомогою датчика регулювання тиску встановленого у головці циліндра та з’єднаного з декомпресором. При підвищенні тиску декомпресор знижує його робочу величину. Другий напрямок – це підбір оптимальної камери згорання за допомогою вмонтованого у головку поршня перемінного “витискувача”, який дає можливість змінювати об’єм камери згорання і при підвищенні тиску спрацьовувати як запобіжний клапан.

Кінцевою метою проведення цих досліджень є визначення максимальних напружень, що виникають у різноманітних камерах згорання, визначення таким чином оптимальної камери згорання, її форми і конструктивного розташування, а також побудова математичної моделі детонаційного згорання палива і конструктивного розрахунку блок-картера і ЦПГ ДВЗ за допомогою програми сингулярних інтегральних рівнянь

$$u_x = \frac{P\vec{x}}{2G} [(3 - 4\nu) \cos \beta \vec{F}_1 + \vec{y}(\sin \beta \vec{F}_2 + \cos \beta \vec{F}_3)] + \frac{P\vec{y}}{2G} [(3 - 4\nu) \sin \beta \vec{F}_1 - \vec{y}(\cos \beta \vec{F}_2 - \sin \beta \vec{F}_3)]; \quad (1)$$

$$u_y = \frac{P_x}{2G} [(3 - 4\nu) \sin \beta \vec{F}_1 + \vec{y}(\cos \beta \vec{F}_2 - \sin \beta \vec{F}_3)] + \frac{P_y}{2G} [(3 - 4\nu) \cos \beta \vec{F}_1 - \vec{y}(\sin \beta \vec{F}_2 + \cos \beta \vec{F}_3)]; \quad (2)$$

$$F_1(\bar{x}, \bar{y}) = -\frac{1}{4\pi(1-\nu)} [\bar{y}(\arctg \frac{\bar{y}}{\bar{x}-a} - \arctg \frac{\bar{y}}{\bar{x}+a}) - (\bar{x}-a) \ln \sqrt{(\bar{x}-a)^2 + \bar{y}^2} + (\bar{x}+a) \ln \sqrt{(\bar{x}+a)^2 + \bar{y}^2}]; \quad (3)$$

$$F_2(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{1}{4\pi(1-\nu)} [\ln \sqrt{(\bar{x}-a)^2 + \bar{y}^2} - \ln \sqrt{(\bar{x}+a)^2 + \bar{y}^2}] \quad (4)$$

де u_x, u_y – горизонтальне і вертикальне зміщення в довільній точці X, Y , мм;

P_y, P_x – відповідно, нормальне і дотичне зусилля, МПа;

G – модуль, МПа;

ν – коефіцієнт;

β – кут повороту;

F_1, F_2 – функції $f(x, y)$.

Висновки. Розглядаючи результати досліджень на основі ізоліній напружень, можна зробити наступні висновки:

- вибраний найбільш ефективний метод моделювання процесу детонаційного згоряння палива;

- побудовано ізолінії напружень в ЦПГ при детонаційному згорянні палива, які показують, що:

- деформаційні напруження в основному виникають у верхній і середній частинах циліндрі двигуна автомобіля, що в свою чергу веде до його інтенсивного зносу і появи овальності і конусності в процесі експлуатації[6];

- виявлені деформаційні явища можливо корегувати, на наш погляд, двома способами: постановкою датчика детонації у голівці циліндра двигуна, що зменшить ці напруження; другим альтернативним засобом - за допомогою застосування нових конструкційних матеріалів, які будуть стримувати деформацію циліндра;

- крім цього, на наш погляд, двигуни внутрішнього згорання мають резерв потужності за рахунок можливості керування процесом детонаційного згоряння палива без збільшення його об'єму двигуна.

Література

1. В.Г. Дьяченко «Теорія двигунів внутрішнього згоряння», Харків, ХНАДУ 2009, - 500 с.
2. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. . Автомобільні двигуни: Підручник. – Київ, «Арістей», 2006.- 476 с.
3. Крауч С., Старфілд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела / Пер. с англ. М.А. Тлеужанова; под ред. А.М. Линикова. – М.: Мир, 1987. – 328 с.
4. И.И. Тимченко, А.И. Воронков, Д.И. Тимченко, Г.И. Тохтарь. Автомобильные двигатели. Харьков, издательство ХНАДУ – 2009. – 288 с.
5. Михлин С.Г. Многомерные сингулярные интегралы и интегральные уравнения. –М.: Физматгиз, 1992.- 254с
6. С.С. Жилін, О.М. Кабанов. Теорія горіння. Харків, видавництво ХНАДУ – 2010. – 107 с.