

УДК 621.4

ЕНЕРГЕТИЧНЕ БАЛАНСУВАННЯ V-ПОДІБНОГО ДВИГУНА ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ЦИКЛОМ СТІРЛІНГА

Мазін В.О., к.т.н., доцент ЗНТУ

Сухонос Р. Ф., магістр, ст. лаб. ЗНТУ

У порівнянні з існуючими бензиновими та дизельними двигунами внутрішнього згоряння двигуни що працюють за циклом Стірлінга (ДС) більш вигідні енергетично. В умовах сучасної вартості та рівня використання енергоресурсів ДС виглядає перспективним з точки зору більш раціонального використання палива та можливості використання інших джерел теплової енергії [1-3].

Робочі процеси сучасних теплових двигунів залежать від великої кількості фізичних та хімічних процесів, а також конструктивних параметрів. Розглядаючи особливості циклів теплових двигунів, дослідники намагаються їх спростити, ідеалізуючи процеси та цикли. Це дозволяє вивчати цикли тільки засобами термодинаміки [4].

Відсутність адекватних математичних моделей та методів розрахунку термодинамічних циклів ДС є основною причиною невдач багатьох конструкцій [1].

Основою для розрахунків ДС є ідеалізована теорія Шмідта. Отримані за нею результати наближені, оскільки реальні параметри складають 0,3 ... 0,4 розрахункових. Розроблені на базі теорії Шмідта більш сучасні методики (зокрема Фінкельштейна, Уокера) не використовуються систематично, їх адекватність невідома [2, 3].

Серед різновидів ДС пропонується зосередити увагу на V-подібному ДС альфа-типу (рис. 1а), що складається з двох робочих поршнів у окремих циліндрах (гарячий та холодний), поєднаних патрубком з регенератором теплоти (Р). Гарячий циліндр (ГЦ) знаходиться всередині теплообмінника, що нагрівається паливом в процесі згоряння, або іншим джерелом енергії. Навколо холодного циліндра (ХЦ) розташовано охолоджувач. До механізмів двигуна (МД) відносяться деталі кривошипно-шатунного механізму, приводи системи паливоподачі (ПАЛ), охолодження (ОХ), мащення (СМ).

Теоретичні та фактичні залежності P-V, T-S для робочого циклу ДС значно відрізняються [2, 3]. Залежність зміни тиску від об'єму циліндрів ДС пред-

ставлено на рис. 1. За початок відліку (точка 1) прийнято положення поршня ГЦ у нижній мертвій точці (НМТ) [3]. Поршень ХЦ рухається з фазовим зміщенням циклу 90° [2, 3, 5].

В якості робочого тіла ДС найчастіше використовується повітря, гелій, водень (в порядку збільшення питомої потужності). На низьких обертах ($n = 125 \dots 200 \text{ хв}^{-1}$) при налаштуванні двигуна на досягнення максимального ефективного ККД різниця при виборі газу незначна [2]. Зі збільшенням тиску робочого тіла в початковому стані ефективна потужність ДС значно зростає [3].

ДС альфа-типу мають високе відношення потужності до об'єму (30...45 кВт/л) [2], але їх поширенню перешкоджають наступні технічні проблеми:

- висока температура конструктивних елементів ГЦ, що потребує використання дорогих високоміцних легованих матеріалів;
- використання ущільнення на границі поршень-циліндр, до якого висуваються особливі вимоги герметичності камери стиснення під високим тиском газу.

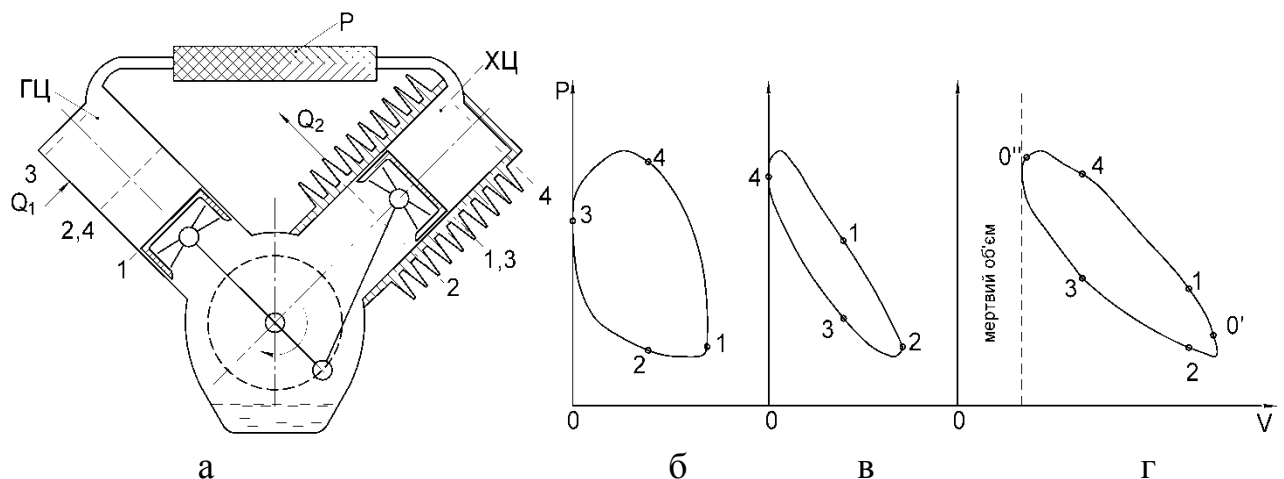


Рисунок 1 – Індикаторні діаграми P-V дійсного циклу ДС

а – схема ДС альфа-типу; б – P-V діаграма для ГЦ; в – P-V діаграма для ХЦ; г – P-V діаграма для всього ДС;

При комплексному дослідженні і енергетичному збалансуванні характеристики ДС такого типу можуть бути значно покращені.

Вибір саме такої конструкції для енергетичного аналізу пояснюється також тим, що нагрівання та охолодження відбувається в різних циліндрах, тим самим знижуються теплові змінні напруження на стінку циліндра.

Згідно закону збереження енергії, для теплового двигуна, в тому числі ДС,

$$Q_1 = L_e + Q_2,$$

де Q_1 , L_e , Q_2 – відповідно підведена теплова енергія, ефективна робота, відведена енергія.

В установку подається паливо з хімічною теплотою згоряння Q_x . У порівнянні з ДВЗ системи підведення теплоти в ДС більш ефективно використовують потенціальну енергію палива, оскільки процес згоряння палива безперервний та протікає в більш вигідних умовах. В результаті перетворення теплоти палива в циклі силової установки отримуємо ефективну роботу на вихідному валу двигуна L_e та теплоту, що було відведено (втрачено) Q_2 . Димові гази (продукти згоряння палива) залишають силову установку, з ними втрачається теплова енергія $Q_{дг}$.

Передбачається здійснювати примусову циркуляцію рідинного охолодження як більш ефективного, оскільки коефіцієнт теплопередачі від робочого тіла до рідини на кілька порядків вище, ніж у випадку охолодження газом (повітря) [2]. З охолоджувачем до навколишнього середовища відводиться теплова енергія палива $Q_{ох}$.

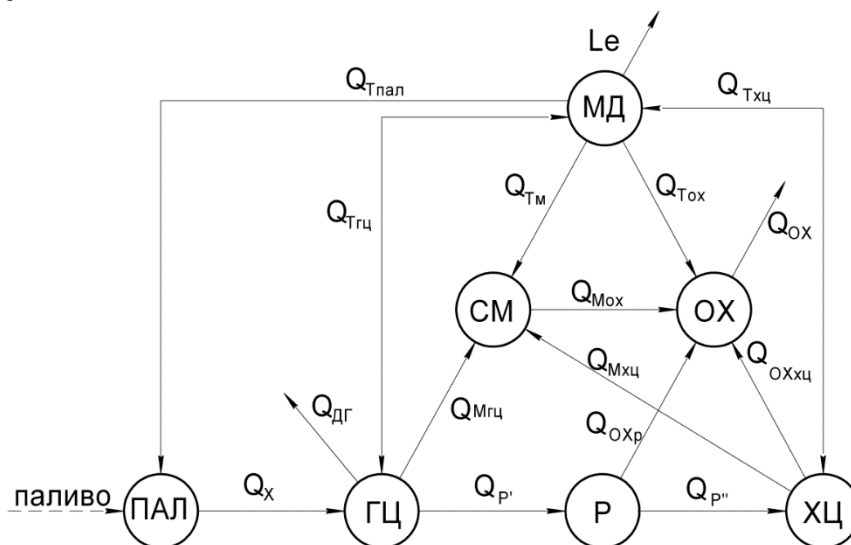


Рисунок 2 – Енергетична схема силової установки ДС альфа-типу.

На привід та взаємодію механізмів двигуна витрачається енергія Q_T .

З врахуванням вище сказаного, енергетичне рівняння набуває вигляду

$$Q_x = L_e + Q_2 = L_e + Q_{ох} + Q_{дг} + Q_T.$$

З літератури [3] відомі значення витрати енергії у ДС: $L_e = 36\%$, $Q_{ох} = 45\%$, $Q_{дг} = 14\%$, $Q_T = 5\%$.

Висновки: розглянуто принципову схему і принципи роботи ДС альфа-типу. На основі аналізу теплових та енергетичних чинників складено схему енергетичних потоків в загальному вигляді, яка дає можливість визначити напрями переходу розглянутих в роботі видів енергії між складовими частинами

ДС.

Література

1. Мешков Д.В., Ободец Д.К., Ижболдин Е.Н. Перспективы использования двигателя Стирлинга в гибридных силовых установках автомобиля // Двигатели внутреннего сгорания. – 2012. – № 2. – С. 6-8.
2. Уокер Г. Машины, работающие по циклу Стирлинга: Пер. с англ. – М.: Энергия. – 1978 – 152 с.
3. Ридер Г., Хупер Ч. Двигатели Стирлинга: Пер. с англ. – М.: Мир. – 1986. – 464 с.
4. Современные дизели: Повышение топливной экономичности и длительной прочности. Под ред. А.Ф. Шеховцова. – К.: Техніка. – 1992. – 272 с.
5. Двигатели Стирлинга. Под ред. М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение. – 1977. – 150 с.

УДК 621.4

ИНЕРЦИОННО-РЕЗОНАНСНЫЙ НАДДУВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Слынько Г. И., д.т.н., проф.,
Стукалов К. О., ст. препод. ЗНТУ

Процесс совершенствования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) продолжается. С каждым годом двигатели оснащаются новыми дополнительными устройствами: одни из них призваны снизить шумы и вибрацию, другие повышают экономичность и экологичность, третьи увеличивают мощность силовых агрегатов. Многие автомобилисты хотели бы иметь более мощные двигатели. Самым популярным методом, дающим ДВС дополнительную мощность, является наддув. Наиболее распространены: механический наддув и турбонаддув ДВС. Но наряду с ними есть еще и инерционно-резонансный наддув. Этот вид наддува стал возможным после того, как в системах впрыскивания стали использовать распределенный впрыск, т.е. процесс смесеобразования перенесли в выходную часть впускного тракта. Если при карбюраторном топливном питании впускной трубопровод должен быть коротким и небольшим в поперечном сечении, чтобы сохранить достаточную скорость смеси, не допускаю-