

КОМПЛЕКСНИЙ КОМБІНОВАНИЙ ПРОГРІВ ТРАНСПОРТНОГО ДВИГУНА: СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ

Запропонована методологія дослідження комплексного комбінованого прогріву поршневого двигуна і транспортного засобу в умовах низьких температур на основі системного підходу.

Вирішення проблеми забезпечення передпускової і післяпускової теплової підготовки охолоджуючої рідини (ОР) в системі охолодження (СОД), моторної оливи (МО) в системі мащення (СМ), каталізатора системи нейтралізації відпрацьованих газів (СНВГ) двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) та салону (кабіни) транспортних засобів (ТЗ) і енергетичних установок (ЕУ) в холодну пору року може бути досягнуто застосуванням комплексної системи комбінованого прогріву (КСКП) у складі теплових акумуляторів (ТА) з теплоакumuлюючим матеріалом (ТАМ) що мають фазовий перехід [1, 2].

Застосування системних принципів [3] дозволило представити процес забезпечення оптимального температурного стану двигуна і ТЗ (або енергетичної установки (ЕУ)) в умовах експлуатації як систему, показано на рис. 1.

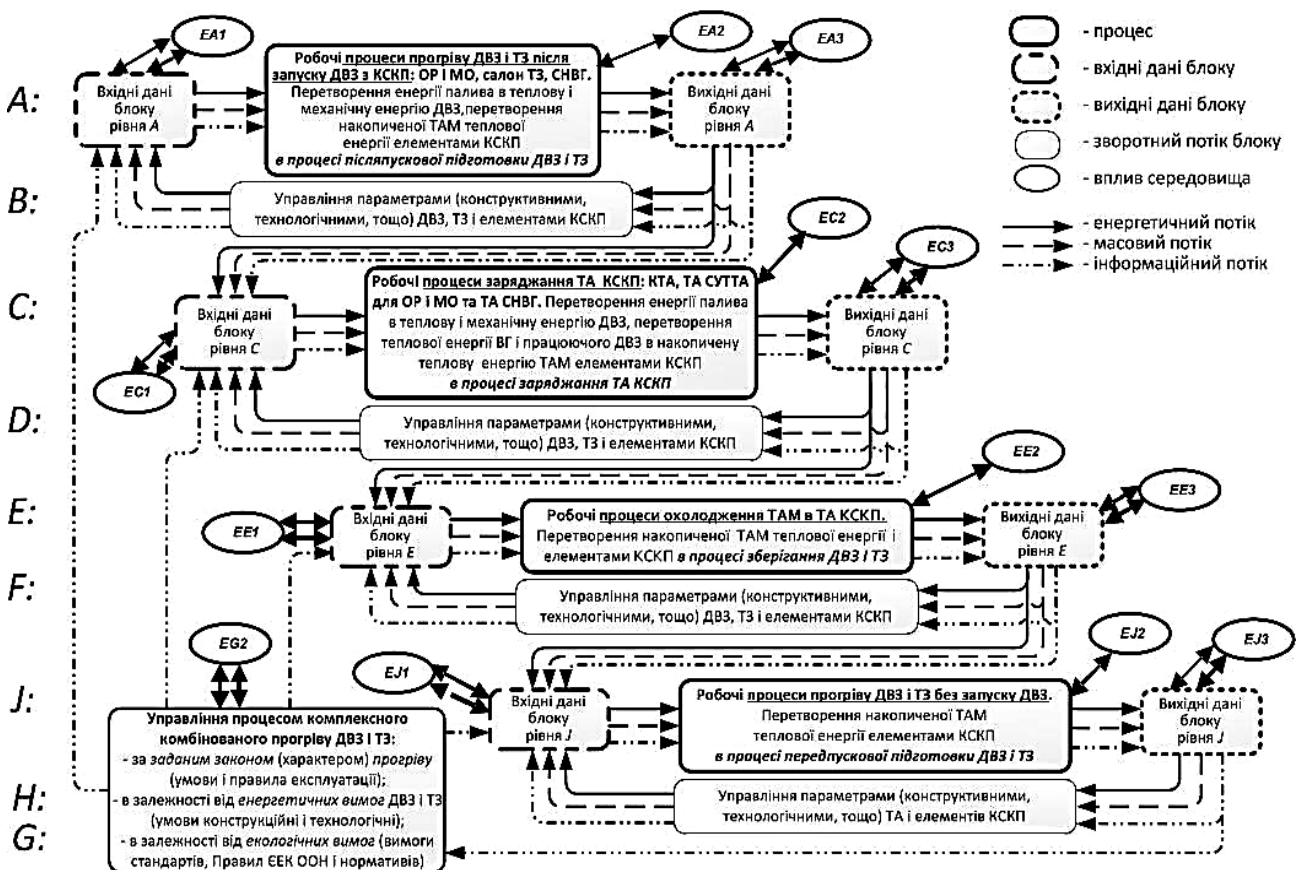


Рис. 1 – Система „Комплексний комбінований прогрів” (ККП)

В системі виділено чотири основних процеси, які послідовно пов'язані між собою:
 - перетворення енергії палива в теплову і механічну енергію ДВЗ, а також перетворення накопиченої ТАМ теплової енергії елементами КСКП в процесі післяпускової

підготовки ДВЗ, тобто відбуваються робочі процеси прогріву ТЗ після запуску ДВЗ з КСКП: ОР і МО, салон ТЗ, СНВГ (рівень А);

- перетворення енергії палива в теплову і механічну енергію ДВЗ, а також перетворення теплової енергії відпрацьованих газів (ВГ) працюючого ДВЗ в накопичену теплову енергію ТАМ елементами КСКП в процесі заряджання ТА фазового переходу, тобто відбуваються робочі процеси заряджання ТА з КСКП: контактної теплової акумулятора фазового переходу (КТА), ТА фазового переходу підсистеми утилізації теплової енергії ВГ тепловим акумулятором (СУТТА) для ОР і МО та ТА СНВГ (рівень С);

- перетворення накопиченої ТАМ теплової енергії елементами КСКП в процесі зберігання ТЗ, тобто відбуваються робочі процеси охолодження ТАМ в ТА КСКП (рівень Л);

- перетворення накопиченої ТАМ теплової енергії елементами КСКП в процесі передпускової підготовки ТЗ, тобто відбуваються робочі процеси прогріву ТЗ без запуску ДВЗ (зберігання теплової енергії двигуна) (рівень Е).

Системні об'єкти рівнів А і В описують післяпусковий прогрів ДВЗ від працюючого двигуна і елементів КСКП ТЗ і (або) ЕУ. Входом системи загалом і процесу рівня А служать паливо m_n (зв'язана хімічна енергія) і повітря $m_{нов}$, які поступають в робочий процес ДВЗ, а також накопичена теплова енергія ТАМ $E_{там}$ елементів КСКП в процесі післяпускової підготовки ДВЗ. На вході рівня А відбуваються робочі процеси прогріву ТЗ після запуску ДВЗ з КСКП, а саме ОР в СОД і (або) МО в СМ, салон ТЗ, СНВГ.

В результаті робочого процесу двигуна поряд з корисним виходом (механічна енергія E_M , яка характеризується крутним моментом M_e і частотою обертання n_D двигуна) утворюється супутній або некорисний вихід (продукти згорання $M_{пз}$, як сукупність великої кількості шкідливих та нешкідливих компонентів $\sum m_i$, невикористана теплова енергія E_T і акустичне випромінювання W). В результаті робочого процесу елементів КСКП поряд з корисним виходом (накопичена теплова енергія ТАМ $E_{там}$ елементів КСКП в процесі післяпускової підготовки ДВЗ) утворюється супутній або некорисний вихід (невикористана теплова енергія $E_{ТА}$ ТА фазового переходу КСКП).

Для управління робочим процесом ДВЗ, оснащеного КСКП, з метою зближення показників виходу рівня А із заданими показниками служить зворотній зв'язок (рівень В), який забезпечує для післяпускового процесу прогріву двигуна управління складом суміші, кількістю циліндрів, випередженням запалювання і (або) впорскування, рециркуляцією, турбонаддувом тощо, а для КСКП управління складом, параметрами і особливостями конструкції теплових акумуляторів КСКП для забезпечення прогріву ОР і МО, салону ТЗ, СНВГ. Системні об'єкти „вхід - процес - вихід” (рівень А) та „зворотній зв'язок” (рівень В) утворюють післяпусковий процес прогріву двигуна, оснащений КСКП, як підсистему ККП двигуна ТЗ і (або) ЕУ зі своїми системними властивостями.

Системні об'єкти рівнів С і D описують процес заряджання ТА фазового переходу КСКП в процесі післяпускового прогріву ДВЗ від працюючого двигуна ТЗ і (або) ЕУ. Енергетичний вихід процесів рівня А є входом процесу рівня С. Результатом перетворення енергії палива в теплову і механічну енергію ДВЗ при здійсненні перетворення теплової енергії працюючого ДВЗ в накопичену теплову енергію ТАМ елементами КСКП в процесі заряджання ТА при здійсненні робочих процесів заряджання ТА в КСКП, а саме КТА, ТА СУТТА для ОР і МО та ТА СНВГ є час заряджання ТА $\tau_{зар}$ і температура ТАМ $T_{там}$, величина яких залежить від параметрів роботи ДВЗ і стану КСКП.

Для управління робочим процесом ДВЗ, оснащеного КСКП, з метою зближення показників виходу рівня С із заданими показниками служить зворотній зв'язок (рівень D), який забезпечує для процесу заряджання ТА фазового переходу КСКП в процесі післяпускового прогріву ДВЗ від працюючого двигуна для ДВЗ управління складом суміші, випередженням запалювання (впорскування), кількістю циліндрів ДВЗ, тощо, а для КСКП управління складом, параметрами і особливостями конструкції теплових акумуляторів КСКП, що здійснюють вплив на ОР і МО, салон ТЗ, СНВГ. Системні об'єкти „вхід - процес -

вихід” (рівень C) та „зворотній зв’язок” (рівень D) утворюють процес заряджання ТА фазового переходу КСКП в процесі післяпускового прогріву ДВЗ від працюючого двигуна ТЗ і (або) ЕУ зі своїми системними властивостями.

Після заряджання ТА фазового переходу КСКП здатна виконувати зберігання теплової енергії двигуна ТЗ і (або) ЕУ (рівень E). Енергетичний вихід процесів рівня C є входом процесу рівня E . входом процесу рівня E при перетворенні накопиченої ТАМ теплової енергії елементами КСКП в процесі зберігання ТЗ, а також при здійсненні робочих процесів охолодження ТАМ в ТА КСКП при не працюючому двигуні ТЗ і (або) ЕУ є початкові параметри утилізації накопиченої теплової енергії ТА КСКП. Зворотній зв’язок (рівень F) управляє складом, параметрами і особливостями конструкції теплових акумуляторів КСКП, а саме: КТА, накопичувача МО з ТА фазового переходу (НМОТА), накопичувача ОР з ТА фазового переходу (НОРТА), ТА СУТТА для ОР і МО, та ТА СНВГ.

Системні об’єкти „вхід - процес - вихід” (рівень E) та „зворотній зв’язок” (рівень F) утворюють процес зберігання теплової енергії двигуна під час тривалого зберігання ТЗ і (або) ЕУ при не працюючому ДВЗ зі своїми системними властивостями.

Після тривалого зберігання теплової енергії двигуна за допомогою ТА фазового переходу КСКП здатна виконувати передпускову теплову підготовку двигуна ТЗ і (або) ЕУ до температури «гарячого пуску» без фактичної роботи ДВЗ в режимі ХХ (рівень J). Енергетичний вихід процесів рівня E є входом процесу рівня J . входом процесу рівня J при перетворенні накопиченої ТАМ теплової енергії елементами КСКП в процесі передпускової підготовки ТЗ і (або) ЕУ (ДВЗ), а саме робочих процесів прогріву ТЗ без запуску ДВЗ, є залишкові параметри зберігання теплової енергії в міжзмінний період експлуатації ТЗ і (або) ЕУ. Зворотній зв’язок (рівень H) управляє складом, параметрами і особливостями конструкції теплових акумуляторів КСКП, а саме: ТА СУТТА для ОР і МО. Системні об’єкти „вхід - процес - вихід” (рівень J) та „зворотній зв’язок” (рівень H) утворюють процес передпускового прогріву двигуна ТЗ і (або) ЕУ до температури «гарячого пуску» при не працюючому ДВЗ зі своїми системними властивостями.

Системні об’єкти „вхід - процес - вихід” (рівень A , E і J) зі своїми „зворотними зв’язками” (рівень B , F і H) в процесі експлуатації ТЗ і (або) ЕУ можуть бути початковими етапами при здійсненні теплової підготовки ДВЗ за допомогою КСКП і на кожному з них формуються параметри, які визначають режими роботи ДВЗ і КСКП.

Система „комплексний комбінований прогрів” функціонує в зовнішньому середовищі, є відкритою тому, що обмінюється з середовищем речовиною, енергією і інформацією.

Основні взаємозв’язки із зовнішнім середовищем, які враховуються при дослідженні системи наступні:

$EA1$ - із середовища, яке характеризується тиском P_o , температурою T_o , і відносною вологою φ_o , вітровим і сніговим навантаженням тощо, поступає паливо і повітря, а також втрачається частина теплової енергії КСКП під час післяпускової підготовки ТЗ і (або) ЕУ в процес рівня A ;

$EA2$ - середовищу віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі рівня A ;

$EA3$ - в середовище поступає супутній вихід процесу рівня A (продукти згорання M_{nz} , частина теплової енергії E_T , шумове забруднення W);

$EC1$ - із середовища, яке характеризується тиском P_o , температурою T_o і відносною вологою φ_o , вітровим і сніговим навантаженням тощо, поступає паливо і повітря, а також втрачається частина теплової енергії КСКП під час заряджання ТА фазового переходу КСКП ТЗ і (або) ЕУ в процес рівня C ;

$EC2$ - середовищу віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі рівня C ;

$EC3$ - в середовище поступає супутній вихід процесу рівня C (продукти згорання M_{nz} , частина теплової енергії E_T , шумове забруднення W);

$EE1$ - середовищу віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі попередніх рівнів або накопиченої енергетичною установкою. Середовище характеризується тиском P_o ,

температурою T_o , відносно вологою φ_o , вітровим і сніговим навантаженням тощо, в процес рівня E ;

$EE2$ - відображає взаємодію теплообмінників КСКП із зовнішнім середовищем, якому віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі рівня E ;

$EE3$ - в середовище поступає супутній вихід процесу рівня E - частина теплової енергії E_T , враховує інформацію, що характеризує транспортні, атмосферні та інші умови, що характерні для реальних умов експлуатації;

$EJ1$ - середовищу віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі попередніх рівнів або накопиченої енергетичною установкою. Середовище характеризується тиском P_o , температурою T_o , відносною вологою φ_o , вітровим і сніговим навантаженням тощо, під час передпускової підготовки двигуна ТЗ і (або) ЕУ в процес рівня J ;

$EJ2$ - відображає взаємодію теплообмінників КСКП із зовнішнім середовищем, якому віддається частина теплової енергії, отриманої в процесі рівня J ;

$EJ3$ - , в середовище поступає супутній вихід процесу рівня J - частина теплової енергії E_T , враховує інформацію, що характеризує транспортні, атмосферні та інші умови, що характерні для реальних умов експлуатації.

В якості обмежень для двигуна і КСКП, як підсистеми ТЗ і (або) ЕУ розглядаються визначені величини, як для окремих складових, так і для системи взагалі: температур і часу накопичення / охолодження ТАМ в ТА фазового переходу, ОР в СОД і МО в СМ, ТА СНВГ, °С / хв. (г), витрати (питомі) палива та викидів забруднюючих речовин, г/(кВт·год), тобто цілі функціонування системи, які визначають рівень забезпечення оптимального температурного стану ТЗ в умовах експлуатації.

Таким чином, запропонована система сформована у відповідності до системних принципів:

- визначено цілі функціонування (забезпечення) оптимального температурного стану ТЗ в умовах експлуатації як системи;

- виділено основні процеси системи, які забезпечують досягнення цих цілей;

- виділено основні функціональні елементи та відношення між ними через оцінку їх участі в процесах системи;

- для всіх процесів визначено параметри управління (зворотні зв'язки) з метою наближення показників виходу із заданими показниками;

- відображені найсуттєвіші взаємозв'язки із середовищем.

В системі підсистемою, яка визначає рівень забезпечення оптимального температурного стану ТЗ в умовах експлуатації за критеріями ефективності є КСКП двигуна ТЗ і (або) ЕУ, а запропонований підхід дозволяє систематизувати можливі схеми КСКП та досліджувати вплив різних ЕУ на забезпечення оптимального температурного стану ТЗ в умовах експлуатації в розробленій моделі функціонування системи.

Список літературних джерел

1. Волков В. П. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування: монографія / В. П. Волков, І. В. Грицук, Ю. Ф. Гутаревич, В. Д. Александров, В. Й. Поддубняк, Ю. В. Прилепський, П. Б. Комов, Д. С. Адров, В. С. Вербовський, З. І. Краснокутська, Т. В. Волкова // Донецьк: ЛАНДОН-ХХІ, 2015.- 314с.

2. Грицук І. В. Системний підхід до проектування і дослідження комплексних систем комбінованого прогріву ДВЗ / І. В. Грицук // Збірн. наук. праць ДонІЗТ УкрДАЗТ - Донецьк: ДонІЗТ, 2012– №30, с. 106-117.

3. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / М. Ф. Дмитриченко, В. П. Матейчик, О. К. Грицук, М. П. Цюман // К.: НТУ, 2014. – 168.

Грицук Ігор Валерійович – к.т.н., доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.