

Лабораторна робота № 2

«Тепловий баланс.Визначення втрат тепла через систему охолодження автомобільного двигуна»

Мета роботи: Вивчення теплового балансу двигуна і практичне визначення втрат тепла через систему охолодження автомобільного двигуна.

Обладнання: двигун M10 BMW, витратомір рідини, пірометр лазерний GM300 (-50 +380°C), термометри 0-150 °C (два), витратомір палива, ваги, набір гирьок, тестер автомобільний, секундомір.

Параметри що змінюються: фази прогріву двигуна від температури навколишнього середовища до номінальної робочої температури; режими роботи двигуна (холостий хід, середні обороти 0,8 від максимальних обертів колінчастого валу).

Хід роботи

Тепловий баланс двигуна представляє собою визначення дослідним шляхом розподіл теплоти, що вводиться в двигун з паливом, на корисно використовувану теплоту і окремі види втрат:

$$Q_1 = Q_e + Q_{охл} + Q_M + Q_{ог} + Q_{НС} + Q_{ост}$$

де Q_1 - кількість теплоти, що вводиться в двигун з паливом за певний відрізок часу, наприклад, за 1 год:

$$Q_1 = H_u G_T \quad (Q_1 - \text{витрата палива, кг / год; } H_u - \text{нижча теплота згорання палива, кДж / кг});$$

$$Q_e - \text{кількість теплоти, перетвореної на корисну роботу; } Q_e = H_u G_T \eta_e \quad ((\eta_e - \text{ефективний ККД двигуна});$$

$$Q_{охл} - \text{кількість теплоти, що передається охолоджувальній рідині;}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	
-------------------------	---	--

$Q_{охл} = c_{охл}(t_{вых}-t_{вх})G_{охл}$, $c_{охл}$, $G_{охл}$ – питома теплоємність і витрата охолоджуючої рідини; $t_{вых}$ і $t_{вх}$ – температура охолоджуючої рідини відповідно на виході і вході системи;

Q_m – кількість теплоти, що передається мастилі (цей член теплового балансу виділяється зазвичай при наявності на двигуні автономного теплообмінника для охолодження мастила і визначається аналогічно $Q_{охл}$. У більшості випадків Q_m включається в кінцевий член теплового балансу;

$Q_{ог}$ – втрата теплоти з відпрацьованими газами;

$$Q_r = G_T [M_2(\mu_{cv}) \cdot t_r - M_1(\mu_{cp}) t_k]$$

Q_r – кількість вихідних і вхідних газів в циліндр двигуна в кМоль на 1 кг згорілого палива;

μ_{cv} і μ_{cp} – мольне теплоємності при постійному тиску відповідно продуктів згорання і свіжого заряду, Дж (кМоль • С);

t_r – температура відпрацьованих газів за випускним патрубком;

t_k – температура свіжого заряду на впуску в циліндрі двигуна, ° С.

$Q_{нс}$ – теплота, не виділилася в двигуні внаслідок неповноти згорання. Для її визначення необхідно знати склад продуктів згорання і теплоту згорання кожного з продуктів неповного окислення палива. При $\alpha > 1$ цей член не визначається і відповідна йому частина теплоти включається до $Q_{ост}$, при $\alpha < 1$ можна обчислити кількість теплоти, що теоретично не може виділитися з-за нестачі повітря за виразом

$$Q_{ним} = \Delta H_u G_T, \Delta H_u = 1,16 \cdot 10^5 (1 - \alpha) L_0$$

При цьому теплота, відповідна різниці між $Q_{нс}$ і $Q_{ним}$ також включається до $Q_{ост}$. У $Q_{ост}$ крім Q_m , $Q_{нс}$ або $Q_{нс} - Q_{ним}$ входить теплота, розсіюється в навколишнє середовище зовнішніми поверхнями двигуна і його агрегатів, а також теплота, яка відповідає кінетичній енергії ОГ. На величину $Q_{ост}$ природно впливає похибка визначення складових теплового балансу. Теплоту $Q_{охл}$, Q_m і $Q_{ог}$ використовують при розрахунку систем охолодження, мащення і наддуву.

За величиною $Q_{нс}$ можна судити про ступінь неповноти згорання і намітити шляхи підвищення тепловикористання, за величиною $Q_{охл}$ лише орієнтовно про

резерви підвищення тепловикористання шляхом більш раціонального охолодження деталей. Останнє пов'язане з тим, що в $Q_{охл}$ входить не тільки теплота, що передається від газів в циліндрі (зменшенням якої можна підвищити η_i), але і теплота, що передається від газів охолоджуючої рідини у випускному каналі (а у разі охолоджуваного випускного трубопроводу і в трубопроводі), а також значна частина теплоти, що відповідає механічним втратам (інша частина передається через масло і розсіюється зовнішніми поверхнями двигуна). На величину η_i впливає не тільки загальна кількість теплоти, переданої від РТ охолоджуючої рідини, але і залежність цих втрат від положення поршня. Тому для аналізу впливу на η_i теплових втрат залучається внутрішній тепловий баланс, що дає уявлення про динаміку цих втрат і перетворення теплоти в роботу.

Тепловий баланс можна визначити у відсотках від усієї кількості введеної теплоти. Тоді

$$100 = q_e + q_{охл} + q_M + q_{ог} + q_{нс} + q_{ост};$$

$$\text{де, } q_e = Q_e \cdot 100 / Q_0;$$

$$q_{охл} = Q_{охл} \cdot 100 / Q_0;$$

$$q_M = Q_M \cdot 100 / Q_0 \text{ и т.д}$$

Для прикладу наведено графік (рис.1) за розподіленням складових теплового балансу. На режимі повного навантаження найбільш вагомими членами теплового балансу є втрати з ОГ і корисно використовується теплота (тут $q_{нс}$ включено в $q_{ост}$) Частка теплоти, що передається охолоджуючій рідині, менша. Це пов'язано частково з тим, що об'єктом розгляду є дизель з наддувом. Втрата $q_{охл}$ зменшується із зростанням навантаження і частоти обертання. Пов'язано з переважаючим впливом зменшення часу теплообміну. Частка втрат з ОГ мало залежить від навантаження і, як правило, збільшується із зростанням n . На характер $q_{ог} = f(n)$ природно, впливає зменшення часу охолодження продуктів згоряння із зростанням n . Характер зміни q_M

з режимом роботи можна пояснити зміною частки індикаторної роботи, що витрачається на механічні втрати. Теплота $Q_{ост}$ мало залежить від режиму роботи, тому $q_{ост}$ зростає при зменшенні частоти обертання і особливо навантаження двигуна.

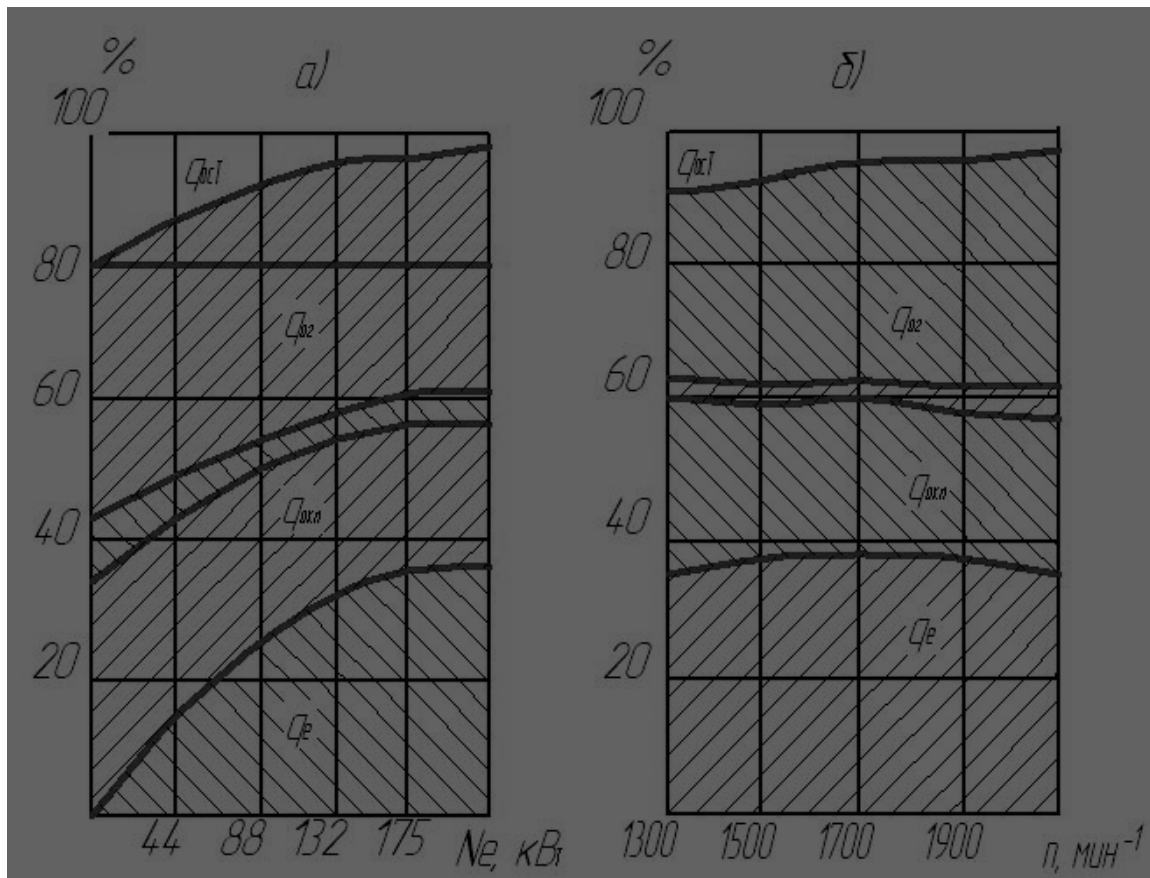


Рис.1. Залежності використання підведеної з паливом теплоти до двигуна від його завантаженості (а) та частоти обертання колінчастого валу (б).

Тепловий баланс карбюраторного двигуна.

$$Q_0 + Q_e + Q_B + Q_r + Q_{н.с} + Q_{0\text{ ст}} = Q_1$$

1. Загальна кількість теплоти введена в двигун з паливом;

$$Q_0 = H_u G_T / 3.6,$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	
----------------------------	---	--

де, H_u - нижча теплота згорання палива ;

G_T – годинна витрата палива кг/год.

2. Теплота, еквівалентна ефективній роботі за 1 с.:

$$Q_e = 1000N_e,$$

де, N_e – ефективна потужність двигуна

3. Теплота, що передається навколишньому середовищі;

$$Q_B = c i D^{1+2m} n^m (H_u - \Delta H_u) / (a H_u),$$

де, $c=0,45 \div 0,53$ – коефіцієнт пропорційності для чотирьохтактних двигунів. В розрахунках прийнято $c=0,5$

i – число циліндрів;

D – діаметр циліндра, см;

n – частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв;

$m = 0,6 \div 0,7$ – показник степені для чотирьохтактних двигунів. В розрахунках прийнято при $n=1000$ об/хв $m=0,6$, а на всіх інших швидкісних режимах – $m=0,65$.

ΔH_u – кількість теплоти, втраченої в наслідок хімічної не повноти згорання палива

a - коефіцієнт надлишку повітря.

5. Теплота, віднесена з відпрацьованими газами;

$$Q_r = (G_T / 3.6) \{ M_2 [(mc_v)_{t_0}^{t_r} + 8,315] t_r - M_1 [(mc_v)_{t_0}^{20} + 8.315] t_0 \}$$

де, $(mc_v)_{t_0}^{t_r}$ – теплоємність залишкових газів кДж/(кмоль·град) ;

$(mc_v)_{t_0}^{20}$ – теплоємність свіжого заряду кДж/(кмоль·град);

M – кількість вхідних і вихідних газів в циліндр двигуна в кмоль на 1 кг

6. Теплота втрачена із-за хімічної неповноти згорання палива:

$$Q_{н.с.} = \Delta H_u G_T / 3.6$$

Таблиця 1. Складові теплового балансу

Складові теплового балансу	Частота обертання двигуна, об/хв							
	1000		3200		5600		6000	
	Q, Дж/с	q, %	Q, Дж/с	q, %	Q, Дж/с	q, %	Q, Дж/с	q, %
Теплота еквівалентна ефективній роботі	12 700	28,9	42 770	32,3	60 420	27,2	60 140	25,8
Теплота, яка передається навколишньому середовищі	10 810	24,6	42 050	31,7	60 510	27,3	63 280	27,1
Теплота, віднесена з відпрацьованими газами	9 610	21,8	38 770	29,3	71 060	32,0	74 940	32,1
Теплота втрачена із-за хімічної неповноти згорання палива	8 680	19,7	7 470	5,6	12 510	5,7	13 150	5,6
Не враховані втрати теплоти	2 220	5,0	1 510	1,1	17 420	7,8	21 870	9,4
Загальна кількість теплоти, введеної в двигун з паливом	44 020	100	132570	100	221920	100	233380	100

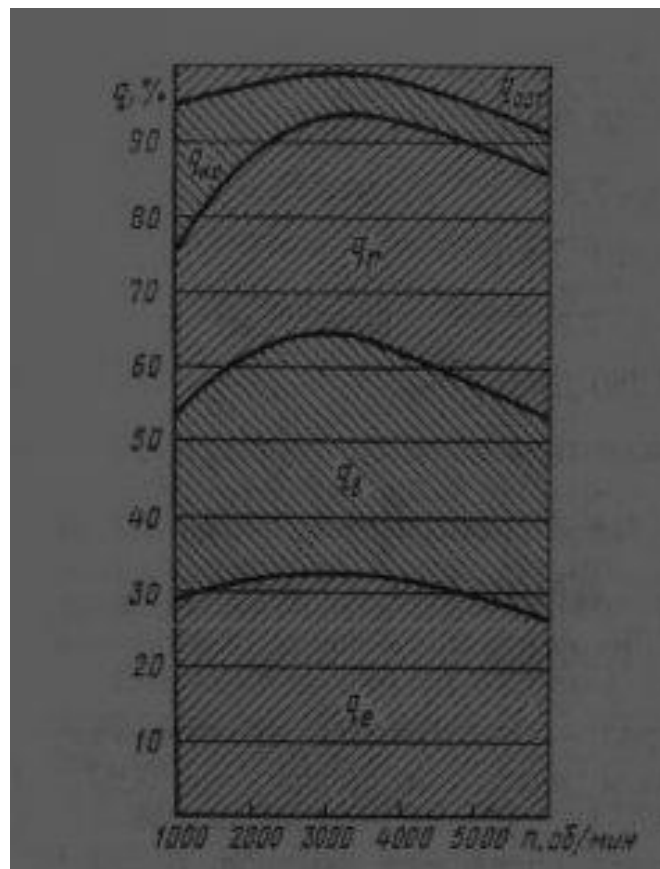


Рис. 2. Залежність складових теплового балансу карбюраторного двигуна від частоти обертання колінчастого вала

Контрольні запитання

1. Дати визначення тепловому балансу двигуна і записати його рівняння.
2. Написати формули для визначення складових теплового балансу і пояснити їх.
3. Як залежить величина витрат тепла через систему охолодження від режиму роботи двигуна?
4. Поясніть особливість графіку $T_p=f(t)$ на режимі прогріву двигуна.
5. перелічіть причини перегріву двигуна, його роботи при знижених температурах.