

Козак Ф.В., к.т.н.¹, Богатчук І.М., к.т.н.¹, Богатчук М.І.², Кучеренко В.Д.²

1 — Івано-Франківський НТУ нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

2 — Центр нормативно-економічних досліджень ВАТ “Укрнафта”, м. Івано-Франківськ

ВИТРАТИ ПАЛИВА НА ПРИПРАЦЮВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Виконано аналіз витрат палива на припрацювання двигунів та розроблена методика визначення витрат палива розрахунковим методом на основі паспортних характеристик. Метод враховує зміну ефективної питомої витрати палива в залежності від ступеня стиску, частоти обертання колінчастого вала та ступеня використання потужності двигуна на часткових навантажувальних режимах. Методика може бути використана для наближеного розрахунку витрат палива на припрацювання двигунів.

Вступ

Ринкові відносини, що склалися у народному господарстві держави, суттєво позначились на економії паливно-мастильних матеріалів на різних етапах експлуатації двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), в тому числі на припрацюванні і випробовуванні двигунів при їх поточному і капітальному ремонті.

Згідно ДСТУ 2823-94 «Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення» термін «припрацювання» означає процес переходу трібосистеми до стаціонарного стану, зумовлений зміною геометрії поверхонь тертя, складу та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів тертьових тіл, а також фізико-хімічних властивостей мастильних матеріалів. Зокрема під припрацюванням необхідно розуміти технологічний процес, направлений на досягнення взаємної притирки поверхонь тертя спряжених деталей ДВЗ. У літературі термін “припрацювання” вживається разом з терміном “обкатка”, що по суті не змінює їх значення.

За статистичними даними в Україні експлуатується близько 60% автомобілів, які мають вік більше 20 років і потребують ремонту, подібне явище і з іншою технікою, яка приводиться в дію ДВЗ. Рухомий склад та інша техніка держави складається із сотні і більше різномарочних автомобілів, тракторів, спеціальних та спеціалізованих транспортних засобів та іншої техніки з ДВЗ, як власного виробництва, так і завезених в Україну майже з всього світу. На значній частині технічних засобів з ДВЗ відсутні: документація з технічними характеристиками, нормативами витрат паливно-мастильних та інших матеріалів, які використовуються під час їх експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті.

Вищенаведене створює значні труднощі в питаннях визначення витрат палива та інших матеріалів, які використовуються під час їх технічної експлуатації і ремонту автомобілів. Відсутність нормативів створює сприятливі умови для зловживання з боку обслуговуючого персоналу, необґрунтованих перевитрат палива під час ремонту двигунів внутрішнього згоряння. У період 1960 – 1980 років, коли вартість палива була майже в 100 разів менша, ніж в даний час, цьому питанню не приділяли такої значної уваги, як сьогодні.

У зв'язку з вищезазначеним є актуальним питання заощадження енергоресурсів, які мають безпосередній вплив на собівартість продукції, зокрема на собівартість перевезень і виконання технологічних робіт, які частково залежать від витрат на технічну експлуатацію і ремонт автомобілів та інших технічних засобів.

Загальні положення

Слід зазначити, що в різні часи розвитку автомобільного транспорту норми витрат палива на внутрішньогосподарські потреби автотранспортних господарств були різні і складали від 2% до 0,5% від загальної кількості спожитого палива. У даний час, згідно наказу міністерства транспорту і зв'язку України від 16.02.2004 р. № 99 “Норми витрати палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті” для автотранспортних господарств витрати палива на припрацювання ДВЗ входять до внутрішньогосподарських потреб, а саме: на маневрування по автогосподарству, технічні огляди автотранспорту, регульовальні роботи, припрацювання деталей двигуна й автомобіля після ремонту та інші потреби дозволяється витратити до 1% рідкого палива від загальної кількості палива, яку споживає автотранспортне господарство.

У наведених джерелах нормативна доля витрат палива на припрацювання ДВЗ не зазначається, що в значній мірі не дає можливості точно встановити витрати палива для такого виду робіт, а саме відсутність конкретних норм витрат палива створює певні труднощі при їх обліку, раціональному використанні та необґрунтованих перевитратах.

У джерелах [1, 2] наводяться нормативні дані витрат палива на обкатку двигунів, однак вони мають суперечливі значення (див. табл. 1 і нижченаведене).

Таблиця 1

Норми витрат палива на припрацювання двигунів

Модель двигуна	Витрати палива, л	Джерело інформації / рік	Витрати палива, л	Джерело інформації / рік
ГАЗ – 51	17,5	[1] / 1968	—	—
ЗМЗ – 53	—	—	15	[2] / 1975
ЗИЛ – 164	24,3	[1] / 1968	—	—
ЗИЛ – 130	37,5	[1] / 1968	22	[2] / 1975
ЯАЗ – 204	21,2	[1] / 1968	—	—
ЯМЗ – 236	36,0	[1] / 1968	21	[2] / 1975
ЯМЗ – 238	—	—	31	[2] / 1975

В інформаційному джерелі [1] витрати рідкого палива на припрацювання і випробування двигунів під час капітального ремонту визначають за затвердженими нормами на 1 кінську силу номінальної потужності двигуна: для карбюраторних двигунів – 0,25 л, для дизельних двигунів – 0,20 л. Наведені значення — не що інше, як наближені величини питомої витрати палива [g_e — г/к.с. год (г/кВт год)] роботи ДВЗ.

У даному випадку, використовуючи нормативну питому витрату палива, витрачену на припрацювання одиниці потужності двигуна, і знаючи потужність двигуна, визначають витрату палива на обкатку двигуна за формулою

$$Q_n = N_{\max} g_n, \text{ л (кг)}, \quad (1)$$

де N_{\max} — номінальна потужність двигуна (за паспортними даними) к.с.(кВт);

g_n — витрата палива на обкатку 1 к.с.(кВт) потужності двигуна, л (кг).

За різними інформаційними джерелами час припрацювання для одних і тих самих марок двигунів є різним. Конкретні дані з режимів обкатки повинні наводитись у технічних умовах на капітальний ремонт автомобілів чи двигунів відповідної марки, зокрема в інструк-

ціях з експлуатації транспортних чи інших технічних засобів. Однак не завжди є можливість відшукати чи замовити технічні умови на ремонт ДВЗ, так як значна частина транспортних засобів імпортного виробництва. У даному випадку дрібні ремонтні майстерні змушені самі встановлювати режими обкатки за правилом конструктивної подібності двигунів, у залежності від споживаного палива, кількості циліндрів, потужності і частоти обертання колінчастого вала, а також споріднених технічних характеристик двигунів-аналогів за наведеною моделлю.

Згідно з рекомендаціями з капітального ремонту двигунів гаряче припрацювання проводять у декілька етапів (стадій). Етап – це процес обкатки (припрацювання), який виконується при незмінних умовах (частоті обертання колінчастого вала, навантаженні на ДВЗ і температурі охолодної рідини).

Аналізуючи норми витрат палива на припрацювання, наведені в табл. 1 і визначені за формулою (1) на одиницю потужності за рекомендаціями [1,2] можна зробити висновок, що дані норми витрат не завжди відповідають реальним витратам (можуть бути завищені або занижені в залежності від режимів припрацювання і часу). Слід зауважити, що під час гарячої обкатки під навантаженням, згідно з рекомендованими технологічними режимами, ДВЗ працюють на різних потужностях і частотах обертання колінчастого вала, починаючи з мінімальної і завершують 90 % максимальної. Кожний етап припрацювання проходить на різних режимах, що супроводжується різними питомими витратами палива.

Метою даної роботи є розробка методики визначення витрат палива на припрацювання ДВЗ на кожній стадії гарячого припрацювання (обкатки) і порівняння з рекомендованими витратами палива, наведеними у спеціальних і інформаційних науково-технічних джерелах [1, 2].

Методи рішення поставлених завдань

Користуючись теоретичним апаратом в області ДВЗ та теорії автомобілів, можна використати існуючий теоретичний матеріал для визначення витрат палива на припрацювання ДВЗ через виконану ДВЗ роботу при його обкатці.

Розрахунок індивідуальної норми витрати палива виконується в наступному порядку.

Гаряче припрацювання без навантаження (холостий хід)

Під час роботи двигуна на режимі холостого ходу потужність витрачається на подолання механічних втрат. Дана потужність є різницею індикаторної і ефективної потужностей двигуна ($N_{\text{мех}} = N_i - N_e$). На холостих обертах ефективна потужність не передається на трансмісію автомобіля (у зазначеному випадку на привід обкатно-гальмового стенду), тому під час припрацювання двигуна без навантаження ефективна потужність дорівнює нулю ($N_e = 0$). Тобто індикаторна потужність (N_i) дорівнює потужності механічних втрат ($N_{\text{мех}} = N_i$).

Однак у доступній науково-технічній документації і технічних інструкціях не завжди можна знайти всі необхідні параметри потужності двигуна (індикаторну й ефективну), питомі витрати палива, ступінь стиску та інші показники, за якими можна визначити витрати палива на припрацювання двигунів. Найчастіше у вищезазначених джерелах можна знайти показники ефективної номінальної потужності.

Для того, щоб знайти потужність на рекомендованих частотах обертання (частотах обертання, при яких виконують припрацювання) користуються графіками зовнішньої швидкісної характеристики. При їх відсутності ефективну потужність на прийнятих для обкатки частотах обертання визначають за формулою [3]

$$N_e = N_{\text{мак}} [a_1(n_e/n_N) + b_1(n_e/n_N)^2 - c_1(n_e/n_N)^3], \quad (2)$$

де N_e і n_e — поточні значення ефективної потужності і частоти обертання колінчастого вала, κBm (к.с.) і $xв.^{-1}$;

N_{max} і n_N — максимальне значення ефективної потужності і частоти обертання колінчастого вала, κBm (к.с.) і $xв.^{-1}$;

a_1, b_1, c_1 — емпіричні коефіцієнти, які залежать від типу двигуна. Для карбюраторних двигунів $a_1 = b_1 = c_1 = 1$; для двотактних дизелів $a_1 = 0,87$; $b_1 = 1,13$; $c_1 = 1$; для чотиритактних дизелів $a_1 = 0,53$; $b_1 = 1,56$; $c_1 = 1,09$.

Відношення ефективної потужності до індикаторної потужності називають механічним коефіцієнтом корисної дії (ККД) двигуна

$$\eta_{mex} = \frac{N_e}{N_i} \quad (3)$$

За різними інформаційними даними механічний ККД при номінальному режимі роботи карбюраторного двигуна знаходиться в межах 0,7 – 0,87, дизельного 0,75 – 0,9.

Внаслідок того, що в довідковій літературі майже відсутні дані про показники індикаторної потужності, її можна визначити через ефективну потужність і ККД механічних втрат за формулою

$$N_{mex} = N_i - N_e = (1 - \eta_{mex})N_i = (1 - \eta_{mex}) \frac{N_e}{\eta_{mex}}, \kappa Bm. \quad (4)$$

Після ремонту двигуна спряжені пари тертя не притерті (не припрацьовані), тому з достатньо високою імовірністю можна приймати найменше значення механічного коефіцієнту корисної дії (для карбюраторних — 0,7 і дизельних — 0,75). Підставивши наведені величини в формулу (4), отримаємо

$$N_{mex}^k = 0,43 N_e, \kappa Bm; \quad N_{mex}^o = 0,33 N_e, \kappa Bm, \quad (5)$$

де N_{mex}^k, N_{mex}^o — потужність, витрачена на роботу двигуна на холостих частотах обертання (гаряче припрацювання без навантаження), відповідно карбюраторних і дизельних двигунів, κBm .

Витрата палива визначається за нижченаведеною формулою

$$Q_{обк} = g_i N_{mex} t_{обк}, \varepsilon. \quad (6)$$

У формулі (6) необхідно знати питому індикаторну норму витрати палива (g_i), тривалість обкатки на прийнятому режимі ($t_{обк}$) та потужність витрачену на роботу двигуна на холостих частотах обертання (N_{mex}).

Питома індикаторна витрата палива за різними інформаційними джерелами коливається в межах: для карбюраторних двигунів $g_i^k = 180 - 340 \text{ г}/(\kappa Bm \cdot год)$ та дизельних двигунів $g_i^o = 130 - 205 \text{ г}/(\kappa Bm \cdot год)$. Для наближених розрахунків можна прийняти максимальні значення питомих витрат палива, так як іде процес припрацювання (обкатки) ДВЗ. Якщо є інформація про значення питомих витрат палива для конкретних моделей двигунів, то бажано їх використати для більш точного розрахунку.

У інформаційному джерелі [4] для наближеного визначення мінімального значення питомої витрати палива в карбюраторних двигунах запропоновано обчислювати її через ступінь стиску (ε)

$$g_{e \min} \approx 460 / \sqrt[3]{\varepsilon}, \text{ г}/\kappa.с. год. \quad (7)$$

Користуючись рекомендаціями [5], можна визначити питому витрату палива (g_N) при $N_{e\max}$ за виразом

$$g_N = (1,15 \dots 1,05) g_{e\min}, \text{ г/к.с. год.} \quad (8)$$

При цьому індикаторна питома витрата палива буде дорівнювати

$$g_i = g_N \eta_{\text{мех}}, \text{ г/к.с. год.} \quad (9)$$

Підставивши формулу (8) в (9), отримаємо

$$g_i = (1,15 \dots 1,05) g_{e\min} \eta_{\text{мех}} = (1,15 \dots 1,05) \cdot 460 / \sqrt[3]{\varepsilon} \eta_{\text{мех}}, \text{ г/к.с. год.} \quad (10)$$

Звідси індикаторна питома витрата палива на 1 кВт·год при умові, що 1 к.с. = 0,7355 кВт, буде дорівнювати

$$g_i = [(1,15 \dots 1,05) \cdot 460 / \sqrt[3]{\varepsilon} \eta_{\text{мех}}] / 0,7355, \text{ г/кВт} \cdot \text{год.} \quad (11)$$

У разі відсутності в довідкових джерелах показника ступеня стиску, то на практиці можна скористатися загальновідомими залежностями

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = (V_h + V_c) / V_c = \frac{V_h}{V_c} + 1, \quad (12)$$

де V_a — повний об'єм циліндра; V_c — об'єм камери згоряння (стиску); V_h — робочий об'єм циліндра.

Якщо в головці блока і днищі поршнів відсутні конструктивні виїмки і вони прямокутні, то можна їх виміряти і таким чином визначити V_a і V_c . У випадку наявності конструктивної виїмки, можна в циліндр залити рідину при положенні поршня в нижній мертвій точці і заміряти повний об'єм за допомогою мірного посуду, це буде V_a . Далі необхідно підняти поршень у верхню мертву точку і заміряти кількість витісненої рідини, це буде робочий об'єм циліндра V_h . Тоді різниця між V_a і V_h буде давати V_c .

Тривалість обкатки ($t_{\text{обк}}$) на прийнятному режимі встановлюють згідно розроблених технологічних режимів, які переважно можна відшукати в довідникових джерелах з капітального ремонту автомобілів або іншої техніки, де використовуються ДВЗ.

Знаючи g_i , $N_{\text{мак}}$ та $t_{\text{обк}}$ за формулою (6) визначають витрату палива на гаряче припрацювання без навантаження.

Якщо згідно з технологією гаряче припрацювання без навантаження проводять у декілька етапів на різних частотах обертання колінчастого вала, то для кожного етапу визначають окремо витрату палива, а після їх сумують.

Аналогічним чином визначають витрату палива під час контрольних випробувань двигуна.

Гаряче припрацювання під навантаженням

Якщо взяти до уваги ті обставини, що двигун припрацьовують на різних етапах (стадіях), на яких частоти обертання колінчастого вала і потужності є різними, та, знаючи питомі витрати палива на вказаних режимах, можна знайти витрати палива на кожній стадії припрацювання за формулою (6), записавши її в наступному вигляді

$$Q_{\text{сми}} = g_{\text{есми}} N_{\text{есми}} t_{\text{сми}}, \text{ г,} \quad (13)$$

де $N_{\text{есми}}$ — ефективна потужність ДВЗ на i -й стадії (етапі) припрацювання, тобто потужність створена гальмівним електродвигуном, кВт;

g_{ecmi} — ефективна питома витрата палива на i -й стадії (етапі) припрацювання, $г/кВт\cdot год$; t_{cmi} — тривалість припрацювання, $год$.

Наведені у формулі (13) показники ефективної потужності двигуна та тривалість припрацювання вибираються з документації технологічних режимів на припрацювання двигуна. Третім показником у даній формулі є ефективна питома витрата палива, яка визначається за зовнішньою швидкісною або навантажувальною характеристиками двигуна та іншими методами, наведеними нижче.

Зовнішня швидкісна характеристика знімається при повному відкритті дросельної заслінки (максимальній подачі палива), часткові швидкісні характеристики двигуна відповідають постійним проміжним положенням дросельної заслінки. В основному припрацювання двигунів, згідно розроблених технологічних режимів, здійснюють на часткових швидкісних характеристиках.

За зовнішніми швидкісними характеристиками ДВЗ можна визначити питомі витрати палива тільки при певних (сумісних) частотах обертання і потужностях, за яких певній частоті обертання колінчастого вала відповідає конкретна потужність, тому в рідкісних випадках можна скористатись стандартними графіками зовнішніх швидкісних характеристик, які наводяться в інформаційних джерелах.

У випадку неможливості використати зовнішню швидкісну характеристику двигуна використовують навантажувальну характеристику ДВЗ. При її відсутності для визначення питомої витрати палива g_e можна використати наближені методики запропоновані І.С. Шліппе і описані в [3, 5]. Методика передбачає використання допоміжних коефіцієнтів, які враховують зміну залежності g_e від частоти обертання колінчастого вала і степені використання потужності.

Питому витрату палива на рекомендованих режимах припрацювання двигуна визначають за формулою [3, 5]

$$g_e = g_N k_\eta k_\epsilon, \text{ г/кВт}\cdot\text{год}, \quad (14)$$

де g_N — питома витрата палива при N_{\max} , $г/кВт\cdot год$. За відсутності довідкових даних про питому витрату палива її можна прийняти за рекомендованими значеннями, які наводяться в інформаційних джерелах: для карбюраторних ДВЗ $g_e^k = 210 - 380 \text{ г/кВт}\cdot\text{год}$ та дизельних $g_e^d = 170 - 290 \text{ г/кВт}\cdot\text{год}$. Наведений параметр для карбюраторних ДВЗ можна визначити за вищевказаною формулою (8), використовуючи ступінь стиску ϵ ;

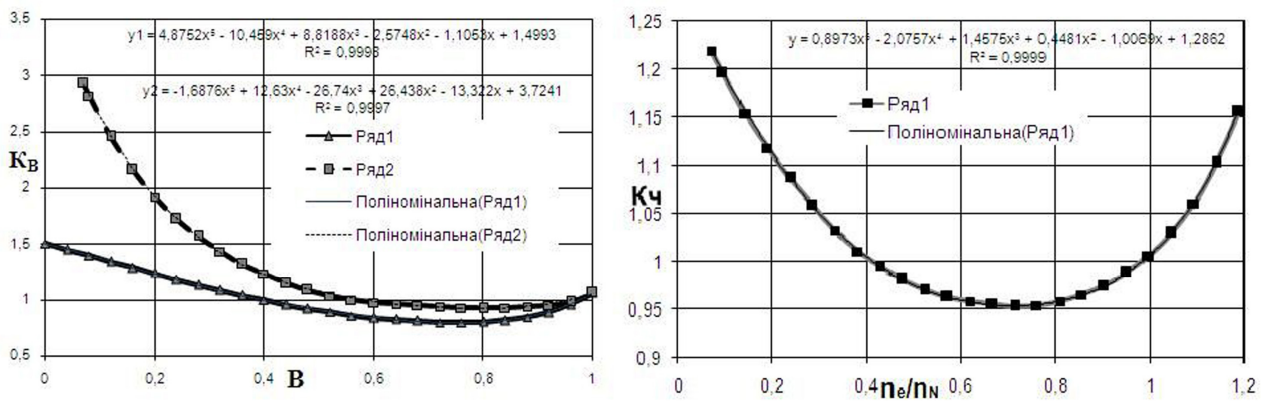
k_η — коефіцієнт, який враховує зміну g_e в залежності від частоти обертання колінчастого вала n_0 двигуна. При цьому $n_0 = \frac{n_e}{n_N}$, де n_e, n_N — відповідно, поточне значення частоти обертання колінчастого вала при припрацюванні на відповідній стадії і максимально можливе значення частоти обертання колінчастого вала двигуна за паспортними даними, $хв^{-1}$;

k_ϵ — коефіцієнт, який враховує зміну g_e від ступеня використання потужності двигуна \mathbf{B} . Ступенем використання потужності двигуна \mathbf{B} називають відношення потужності, необхідної для руху автомобіля, до потужності, яку може розвивати двигун при повному відкритті дросельної заслінки. У даному випадку це відношення потужності навантаження, створеного гальмівним стендом для обкатки двигунів, до максимальної ефективної потужності двигуна. Величину \mathbf{B} визначають за формулою: $\mathbf{B} = \frac{N_n}{N_{\max}}$, де $N_n = N_{ecm}$ — потужність навантаження на даному режимі припрацювання, $кВт$; N_{\max} — максимальна ефективна потужність двигуна за паспортними даними, $кВт$.

Наближені значення коефіцієнтів k_g і k_q визначають за графіками, наведеними в джерелах [3, 5]. Однак їх визначення має певні неточності та незручності.

З метою спрощення механізму розрахунку питомої витрати палива, графіки з інформаційних джерел [3, 5] для визначення коефіцієнтів k_g і k_q з допомогою графічно — аналітичних методів обробляли і перетворювали за допомогою ПЕОМ в емпіричні формули.

Для цього проведено сканування графіків залежностей коефіцієнтів k_g і k_q , взятих з джерела [3]. Отримані зображення були вставлені у вигляді растрового об'єкту в креслення виконане в програмі "Компас", де на відтворені графіки накладено відповідні лінії. Після чого виконано заміри координат точок графіків. Отримані результати точок графіків оброблені за допомогою програми "Ексел". Спочатку отримані значення абсцис і ординат точок були помножені на відповідні масштабні коефіцієнти і здійснено побудову графічних залежностей. Скориставшись можливостями згаданої програми "Ексел", отримано лінію тренда, яка описується поліномом п'ятої степені і зображена на рис. 1.



а — зміна коефіцієнту k_g^k карбюраторного(ряд — 2); б — зміна коефіцієнту k_q і дизельного двигуна (ряд — 1)

Рис.1. Графічне зображення відтворених графіків та лінії тренда для визначення допоміжних коефіцієнтів k_g і k_q

Слід зауважити, що величина k_g^o вірогідної апроксимації на діаграмах (графіках) становила не менше 0,9997, що свідчить про високу точність отриманих результатів і можливість використання отриманих рівнянь для розрахунку допоміжних коефіцієнтів:

k_q — для всіх типів ДВЗ

$$k_q = 0,8973 \cdot n_o^5 - 2,0757 \cdot n_o^4 + 1,4575 \cdot n_o^3 + 0,4481 \cdot n_o^2 - 1,0069 \cdot n_o + 1,2862; \quad (15)$$

k_g — для карбюраторних ДВЗ

$$k_g^k = -1,6876 \cdot B^5 + 12,63 \cdot B^4 - 26,74 \cdot B^3 + 26,438 \cdot B^2 - 13,322 \cdot B + 3,7241; \quad (16)$$

k_g — для дизельних ДВЗ

$$k_g^o = 4,8752 \cdot B^5 - 10,459 \cdot B^4 + 8,8188 \cdot B^3 - 2,5748 \cdot B^2 - 1,1053 \cdot B + 1,4993. \quad (17)$$

Розраховавши питомі витрати палива за формулою (14) на кожній із стадій гарячого припрацювання під навантаженням, визначають витрату палива на кожному етапі припрацювання за формулою (13) і загальну витрату на гаряче припрацювання під навантаженням двигуна.

1. Приклад розрахунку витрат палива (умовний).

1.1. Вихідні дані:

- тип двигуна – ЗИЛ – 130 (карбюраторний);
- номінальна потужність двигуна, $N_{\max} = 110,3$ (150) *кВт* (к.с.) [6];
- частота обертання колінчастого вала, $n_N = 3200$ *хв⁻¹*; — ступінь стиску 6,7;
- режими припрацювання [6]:
- * *гаряче без навантаження* (I_x — стадія): частота обертання колінчастого вала 1000 – 1200 *хв⁻¹*; тривалість 20 *хв*;
- * *гаряче без навантаження* (II_x — стадія): частота обертання колінчастого вала 1500 – 2000 *хв⁻¹*; тривалість 15 *хв*;
- * **гаряче з навантаженням** (I_n — стадія): частота обертання 1600 – 2200 *хв⁻¹*; навантаження – 11,0 – 14,7 *кВт*; тривалість 25 *хв*;
- * **гаряче з навантаженням** (II_n — стадія): частота обертання 2500-2800 *хв⁻¹*; навантаження 29,4 – 44,1 *кВт*; тривалість – 25 *хв*;
- * *контрольне приймання (випробування)*: частота обертання не більше 3000 *хв⁻¹*; тривалість 5 *хв*.

1.2. Індивідуальна норма витрати палива на припрацювання двигуна.

Розрахунок виконується в наступному порядку.

1.2.1. *Гаряче припрацювання без навантаження (холостий хід)*:

I_x – стадія.

Об'єднавши формули (2, 5, 6, 11) отримаємо загальну формулу для визначення витрати палива на I_x стадії обкатки

$$Q_{обк} = g_i N_{мех} t_{обк} = [(1,15 \cdot 460 / \sqrt[3]{\varepsilon} \eta_{мех}) / 0,7355] \left\{ \left[\frac{1}{\eta_{мех}} \right] N_{\max} [a_1 (n_e / n_N) + b_1 (n_e / n_N)^2 - c_1 (n_e / n_N)^3] \right\} t_{обк}, \text{ л.} \quad (18)$$

За допомогою ПЕОМ і програми “Excel” проводимо обчислення витрати палива на розглядуваній стадії припрацювання (див. табл. 2).

II_x – стадія.

Розрахунок на II_x стадії виконується аналогічно першій.

1.2.2. *Гаряче припрацювання під навантаженням.*

I_n — стадія.

Об'єднавши формули (8, 13, 14, 15, 16) отримаємо загальну формулу для визначення витрати палива на I_n стадії обкатки

$$Q_{ст} = g_{ест} N_{ест} t_{обк} = [(1,15 \cdot 460 / \sqrt[3]{\varepsilon}) (0,8973 n_o^5 - 2,0757 n_o^4 + 1,4575 n_o^3 + 0,4481 n_o^2 - 1,0069 n_o + 1,2862) (-1,6876B5 + 12,63B4 - 26,74B3 + 26,438B2 - 13,322B + 3,7241)] N_n t_{обк}, \text{ л.} \quad (19)$$

За допомогою ПЕОМ і програми “Excel” проводимо обчислення витрати палива на розглядуваній стадії припрацювання (див. табл. 2).

II_n — стадія.

Розрахунок на II_n стадії виконується аналогічно першій.

1.2.3. *Гаряче припрацювання без навантаження (контрольні випробування).*

Обчислення на даній стадії виконують аналогічно гарячому припрацюванню без навантаження (див. п. 1.2.1). Вихідні дані та визначені величини зводимо в табл. 2.

Результати розрахунків витрат палива *

Стадії гарячого припрацювання	Частота обертання при припрацюванні, хв^{-1}	Максимальна потужність, кВт	Максимальна частота обертання, хв^{-1}	Потужність при припрацюванні, кВт	Міра стиску	Механічний ККД	Емпіричні коефіцієнти	Коефіцієнт при $g_{\text{емп}}$	Тривалість припрацювання, хв ($z_{\text{од}}$)	Витрата палива, кг (l)
	n_e	N_{max}	n_N	N_n	ε	$\eta_{\text{мех}}$	a_1, b_1, c_1	1,15... 1,05	$t_{\text{обк}}$	$Q_{\text{обк}}$
I_x — стадія	1200	110,3	3200	—	6,5	0,7	$a_1=b_1=c_1=1$	1,15	20(0,33)	1,966
II_x — стадія	2000	110,3	3200	—	6,5	0,7	$a_1=b_1=c_1=1$	1,15	15(0,25)	2,46
I_n — стадія	2200	110,3	3200	14,7	6,5	—	—	1,15	25(0,42)	3,936
II_n — стадія	2800	110,3	3200	44,1	6,5	—	—	1,15	25(0,42)	6,203
Контр. випр.	3000	110,3	3200	—	6,5	0,7	$a_1=b_1=c_1=1$	1,15	5 (0,083)	1,05
Всього									90 (1,5)	15,615 (19,92)

* Наведені норми витрат палива нормативами служити не можуть.

Висновки

Із вищенаведеного видно, що на припрацювання двигуна моделі ЗИЛ-130 за стандартними режимами [6], рекомендованими технічними умовами, на його капітальний ремонт необхідно витратити 15,615 кг палива, за умов урахування того, що розрахунок проводився з використанням максимальних значень коефіцієнтів, за якими визначають витрати палива. За даними джерела [1] на припрацювання двигуна ЗИЛ-130 на авторемонтних заводах планується витратити 37,5 л \approx 29,4 кг (при умові, що густина палива $\rho = 784 \text{ кг/м}^3$ для бензину А-76), що приблизно на 13,785 кг більше, ніж за наведеними нами розрахунками.

За джерелом [2] на припрацювання рекомендується витратити 22 л \approx 17,248 кг, що на 1,633 кг більше, ніж за поданими розрахунками. Крім того, в інформаційному джерелі [2] наводиться й інша методика визначення витрат палива на припрацювання ДВЗ, в якій за основу приймають витрату палива на припрацювання однієї кінської сили потужності двигуна. У даному випадку витрата палива на припрацювання визначається за формулою (1)

$$Q_n = N_{\text{мак}} g_n = 150 \cdot 0,25 = 37,5 \text{ л} \approx 29,4 \text{ кг},$$

де $N_{\text{мак}}$ — потужність двигуна ($N_{\text{мак}} = 110,3$ (150) кВт (к.с.));

g_n — витрата палива на обкатку 1 к.с. (кВт) потужності двигуна, $g_n = 0,25$ (255) л/к.с. (г/кВт) [2].

Отримане значення повністю збігається з джерелом [1] і показує, що витрата палива теж на 13,785 кг більша, ніж за запропонованими розрахунками (див. табл. 2).

Проаналізувавши результати наближених розрахунків, наведених у табл. 2 та рекомендованих витрат палива за інформаційними джерелами [1, 2], можна зробити висновок, що розрахункова витрата палива на припрацювання двигуна нижча. Наведені дані свідчать про можливість використання методики для наближених розрахунків витрат палива при перспективному плануванні діяльності автогосподарств та ремонтних підприємств, які займаються поточними та капітальними ремонтами двигунів внутрішнього згорання.

У перспективі дана методика буде перевірена на діючих стендах з поетапним заміром витрат палива на кожній стадії припрацювання двигуна за загальноприйнятими методами.

Список літератури

1. Клебанов Б.В., Кузьмин В.Г., Маслов Р.И.. Ремонт автомобилей. — М.: Транспорт, 1968. — 360 с.
2. Клебанов Б.В. Проектирование производственных участков авторемонтных предприятий. — М.: Транспорт, 1975. — 176 с.
3. Иларионов В.А., Морин М.М., Сергеев Н.М. Теория и конструкция автомобиля. — М.: Машиностроение, 1979. — 303 с.
4. Автомобильные и тракторные двигатели. Ч.1. Теория двигателей и системы их топливоподачи / Под ред. И.М. Ленина. — М.: Высш. шк., 1976. — 368с.
5. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств. — М.: Машиностроение, 1989. — 240 с.
6. Технические условия на капитальный ремонт автомобилей ЗИЛ-130. — М.: Транспорт, 1966. — 518 с.

Стаття надійшла до редакції 10.10.08

© Козак Ф.В., Богатчук І.М., Богатчук М.І., Кучеренко В.Д., 2008