

УДК 621.43

О.П. Сітовський

Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ПУСКУ ХОЛОДНОГО ДВИГУНА І ЙОГО ПРОГРІВІ ПІД ЧАС РУХУ АВТОМОБІЛЯ

*У статті показані результати експериментальних досліджень паливної економічності легкового автомобіля малого класу при пуску холодного двигуна внутрішнього згорання та його прогріві під час руху автомобіля.*

**Ключові слова:** *Двигун внутрішнього згорання, паливна економічність, прогрів двигуна, бортовий комп'ютер, безгаражне зберігання.*

**Постановка проблеми.** Показники паливної економічності, екологічності та надійності автомобілів в умовах експлуатації залежать від багатьох факторів. Одним з основних факторів є тепловий стан двигуна. Тому прогрів двигуна до нормальної температури повинен здійснюватись за максимально короткий час з мінімальною витратою палива і кількістю викидів шкідливих речовин. Аналіз проведених раніше досліджень показує, що вплив способу прогріву двигуна на паливну економічність і величину шкідливих викидів автомобілем в експлуатаційних умовах мало досліджувався. Ця задача і вирішується у даній роботі.

**Огляд літературних джерел.** Автомобільний транспорт використовується в різні пори року, в широкому діапазоні температур зовнішнього середовища. Важливим фактором в експлуатації автомобілів є їхня паливна економічність та екологічна безпека.

Зимовим періодом експлуатації називається такий період, коли температура навколишнього повітря на восьму годину ранку протягом трьох діб встановлюється нижчою 0 °С [1]. Холодним періодом експлуатації називається такий період, коли температура повітря встановлюється нижче +5 °С. Експлуатація автомобільного транспорту в зимових умовах є важкою через низькі температури повітря, наявність сніжного покриву, хуртовини та скорочення світлого часу доби. Низька температура навколишнього повітря затрудняє пуск двигуна, робить негативний вплив на роботу всіх його систем і підтримки нормального теплового режиму. Унаслідок низьких температур навколишнього повітря значно погіршується випаровуваність бензину і збільшується густина повітря. Це призводить до значного збіднення горючої суміші і поганого її займання при пуску бензинових двигунів. У дизельних двигунах підвищується в'язкість палива. При зниженні температури повітряного заряду в циліндрах порушуються умови сумішоутворення і погіршується самозаймання дизельного палива. Якщо в процесі роботи двигуна відбувається його переохолодження, то це приводить до погіршення сумішоутворення і посилення конденсації пального, внаслідок чого збільшується його витрата та знижується потужність двигуна. Конденсат пального змиває масляну плівку із стінок циліндрів і розріджує масло в картері двигуна. Це призводить до підвищеного спрацювання деталей двигуна і скорочення терміну його служби. Особливо сильно зношуються деталі при пуску холодних двигунів.

Готовність автомобіля до руху характеризується тривалістю його підготовки до виїзду з відкритої стоянки і визначається тривалістю пуску, прогріву двигуна. Підвищення в'язкості масла при низьких температурах повітря викликає значне збільшення опору обертанню колінчастого валу, що утрудняє досягнення потрібної для пуску двигуна частоти обертання колінчастого валу. Після пуску двигуна затрачається більше часу на його прогрів.

Процес прогріву двигунів внутрішнього згорання досліджувався за допомогою математичних моделей процесів теплообміну [3]. Для покращення прогріву двигуна було запропоновано удосконалення системи регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання для приводу електроагрегату. Результатом удосконалення стало підвищення ефективності використання палива та досягнення більш точного регулювання теплового стану ДВЗ.

Для покращення процесу прогріву двигуна автомобіля були проведені дослідні роботи в процесі підконтрольної експлуатації автомобіля.

**Мета дослідження.** Мета - покращення паливної економічності автомобіля шляхом раціонального прогріву його двигуна.

Для досягнення мети в дослідженні вирішуються наступні задачі:

1. Проведення експериментальних випробувань автомобіля для визначення впливу теплового стану двигуна в процесі прогріву на витрату палива.
2. Проведення досліджень та розробка рекомендацій щодо вибору раціонального способу прогріву двигуна автомобіля в експлуатаційних умовах.

Об'єкт дослідження – процес прогріву двигуна автомобіля в умовах експлуатації.

Предмет дослідження – паливна економічність автомобіля при пуску холодного двигуна і його прогріві під час руху автомобіля в умовах експлуатації.

Методи дослідження – Експериментальним методом досліджувались економічні показники двигуна під час прогріву. За отриманими даними проводились розрахунки залежності паливної економічності автомобіля від теплового стану двигуна.

**Виклад основного матеріалу.** В експлуатаційних умовах режими роботи автомобільного двигуна суттєво відрізняються від стандартизованих "їздовими циклами". Дослідження показників паливної економічності під час прогріву двигуна проводились в умовах звичайної експлуатації легкового автомобіля в м. Луцьку. В якості підконтрольного використовувався легковий автомобіль малого класу "Geely СК" з бензиновим двигуном об'ємом 1,5 л і повною масою 1377 кг. Двигун працює на бензині А-95.

*Вимірювальні прилади і апаратура.* Для реєстрації параметрів роботи двигуна, витрати палива, швидкості, шляху та часу поїздки використовувався маршрутний бортовий комп'ютер Multitronics МК VC 1031 GPL (рис. 1). Метрологічні параметри даного бортового комп'ютера



Рис. 1. Бортовий комп'ютер Multitronics МК VC 1031 GPL під час виконання замірів

відповідають вимогам точності вимірювальних приладів при проведенні тягово – швидкісних випробувань автомобіля та його паливної економічності [4].

*Планування та методика проведення експерименту.* Під час проведення замірів автомобіль Geely СК зберігався на відкритій площадці при температурі повітря від -12 °С до +1 °С. Під час пуску двигуна проводились заміри температури двигуна та зовнішнього повітря, напруги акумуляторної батареї, часу прогріву двигуна.

Під час проведення експерименту проводились наступні заміри: динаміка прогріву двигуна; заміри паливної економічності. Так як найбільша витрата палива відбувається в перші хвилини після пуску двигуна та початку поїздки, то заміри починали проводитись з моменту вмикання запалення. Зі стоянки автомобіль рушав через 0,5-1 хвилину після пуску двигуна, що практикується більшістю водіїв і рекомендується дослідженнями [2]. Рух автомобіля здійснювався по загальних маршрутах руху автомобільного транспорту м. Луцька. Під час поїздок в автомобілі перебувало 1-2 чоловіки. Більшість з кількох десятків поїздок, під час яких фіксувались параметри теплового стану двигуна та витрати палива, були протяжністю 8-12 км. Фіксація параметрів проводилась при умові, що двигун перед пуском був зупинений більше ніж на 1 годину. Якщо під час заміру двигун зупинявся більше ніж на 5 хвилин, то такий замір також анулювався.

На маршруті реєструвалися пробіг автомобіля  $S$  (км), середня швидкість руху автомобіля  $V_{\text{ср}}$ , середня шляхова витрата палива  $Q_s$  (л/100 км), сумарна витрата палива  $Q$  (мл), час поїздки або

роботи двигуна  $T$  (хв.), температура охолоджуючої рідини  $t_{дв}$  ( $^{\circ}C$ ). Також контролювалися напруга акумуляторної батареї, частота обертання колінчастого валу, миттєва швидкість руху автомобіля, миттєва шляхова витрата палива, годинна витрата палива при роботі двигуна на місці на холостому ходу. Реєстрація даних проводилась регулярно для отримання більш точних результатів. Температурою прогрітого двигуна вважається  $70^{\circ}C$ . Робоча температура двигуна остаточно стабілізувалася при  $85-87^{\circ}C$ . Рух по місту здійснювався в середньому темпі. Максимальна швидкість по місту становила  $50-60$  км/год.

Перша реєстрація показів здійснювалася при пуску двигуна. При пуску записувалися наступні показники: температура охолоджуючої рідини в момент пуску двигуна  $t_{ст}$ , температура повітря  $t_{пов}$ , стан дорожнього покриття. Наступні реєстрації параметрів здійснювали в момент досягнення двигуном температури  $t_{дв} = 70^{\circ}C$ , при пробігу автомобілем відмітки  $5$  км та при закінченні поїздки.

*Результати експериментальних досліджень основних параметрів двигуна під час прогріву.* В роботі також досліджувалась динаміка нагріву охолоджуючої рідини та витрата палива в автомобілі Geely SK в залежності від температури. Виявлено, що витрата палива досить суттєво відрізняється при різних температурах повітря і двигуна. Дослідження проводились на дорогах загального призначення, а для точності показників заміри отримувались після  $5$  км пробігу.

Важливим параметром є температура двигуна в момент пуску  $t_{ст}$ . В залежності від її значення можна оцінювати час прогріву. На рис. 2 показано графік залежності часу прогріву двигуна  $T$  до температури  $70^{\circ}C$  від його температури при старті  $t_{ст}$ .

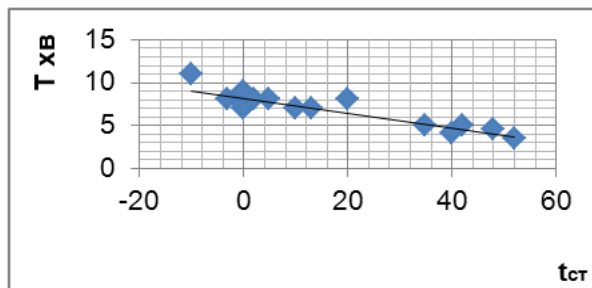


Рис. 2. Залежність часу прогріву двигуна  $T$  до температури  $70^{\circ}C$  від його температури при старті  $t_{ст}$ .

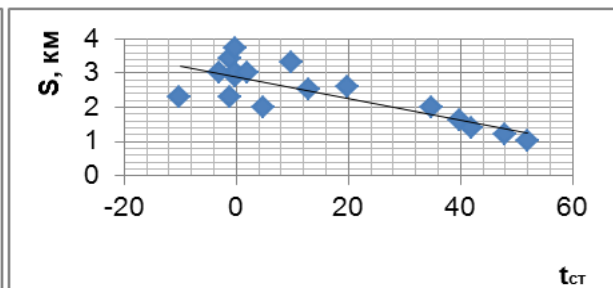


Рис. 3. Залежність довжини пробігу автомобіля  $S$  до моменту прогріву у двигуна від його температури при старті  $t_{ст}$ .

В роботі також фіксувалась відстань, яку проходив автомобіль до досягнення двигуном робочої температури  $70^{\circ}C$ . Залежність пробігу від його температури при старті  $t_{ст}$  показана на рис. 3.

При прогріві двигуна під час руху автомобіля змінюється шляхова витрата палива. З пониженням температури двигуна при старті  $t_{ст}$  зростає середня шляхова витрата палива  $Q_s$  на момент досягнення двигуном температури  $70^{\circ}C$  (рис. 4).

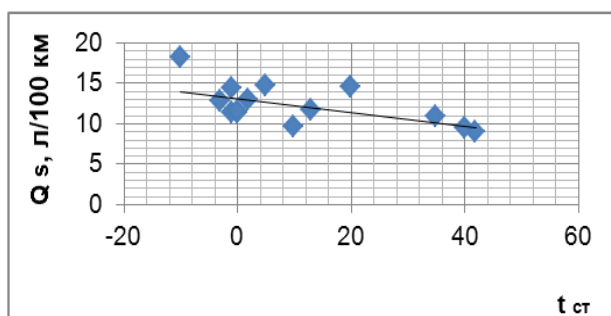


Рис. 4. Залежність середньої шляхової витрати палива  $Q_s$  на момент досягнення двигуном температури  $70^{\circ}C$  від температури двигуна при старті  $t_{ст}$ .

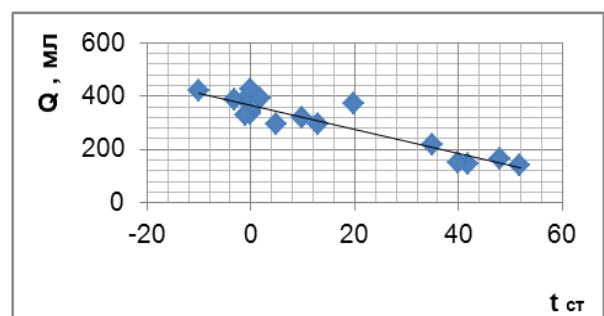


Рис. 5. Залежність загальної витрати палива  $Q$  для прогріву двигуна до робочої температури від початкової температури двигуна  $t_{ст}$ .

Загальна витрата палива  $Q$  при прогріві двигуна до робочої температури дуже сильно змінюється залежно від початкової температури двигуна  $t_{ст}$  (рис.5).

При зміні стартової температури двигуна від  $-12^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$  на відмітці 5 км середня шляхова витрата палива  $Q_s$  зменшується з 12.5 л/100 км до 6.2 л/100 км (рис. 6). В абсолютному значенні кількість бензину, яка затрачається при пробігу перших 5 км становить 640 мл від  $t_{\text{ст}} = -12^{\circ}\text{C}$  і 310 мл при  $t_{\text{ст}} = 52^{\circ}\text{C}$  (рис.7).

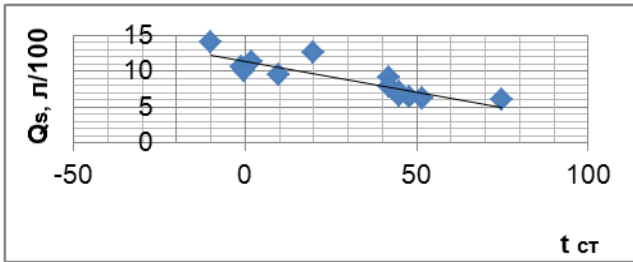


Рис. 6. Залежність середньої шляхової витрати палива  $Q_s$  від температури двигуна при старті  $t_{\text{ст}}$  на відмітці 5 км

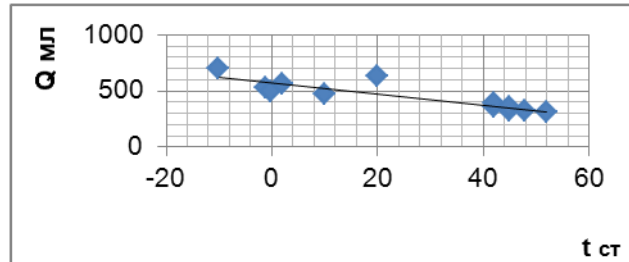


Рис. 7. Залежність витрати палива  $Q$  від температури двигуна при старті  $t_{\text{ст}}$  на відмітці 5 км

При дослідженнях вибиралася відстань перших 5 км пробігу автомобіля тому, що саме при пробігу до 5 км витрата палива є найбільшою. Так на рисунках 6 і 7 зображено залежність шляхової та загальної витрати палива від температури пуску двигуна на відмітці 5 км.

Аналізуючи наведені результати експериментальних випробувань, можна зробити висновок, що в залежності від температури пуску двигуна витрата палива при пробігу перших 5 км може змінюватись майже у два рази. Для зменшення витрати бензину на автомобілі рекомендується ставити передпускові підігрівачі. При їх застосуванні можна досягти суттєвого зниження витрати палива, особливо при їзді на короткі відстані (до 5 км). Крім того передпусковий підігрів може зменшити навантаження на акумуляторну батарею, стартер, спрацювання деталей двигуна та зменшити шкідливі викиди в атмосферу.

### Висновки

1. Експериментальні дослідження показали, що залежно від температури охолоджуючої рідини при пуску холодного двигуна витрата палива при поїздках на короткі відстані (до 5 км) може змінюватись більше ніж у 2 рази.
2. Під час проведення експериментів встановлено, що автомобіль з системою впорскування бензину не потрібно прогрівати за рахунок роботи ДВЗ на холостому ходу. Для цього потрібно дати двигуну працювати 0,5-1 хвилину, щоб масло поступило до всіх поверхонь тертя і двигун почав стійко працювати. Після цього необхідно починати рух автомобіля з мінімальних обертами колінчастого валу і навантаженнями, поки двигун не прогріється до робочої температури.
3. Для покращення економічних та екологічних показників автомобілів рекомендується встановлювати на автомобілі передпускові підігрівачі.
4. Для швидкого прогріву двигуна і підтримання стабільної робочої температури необхідно слідкувати за справною роботою термостата.
5. Для зменшення охолодження двигуна на стоянках в холодну пору року рекомендується застосовувати для моторного відсіку захисні піддони і захисні чохли.
6. Для покращення паливної економічності автомобілів рекомендується при поїздках на короткі відстані, коли ДВЗ не встигає прогрітися до робочої температури, застосовувати електричний привід (гібридні силові установки).

### Перспективи

З метою вироблення рекомендацій для покращення паливної економічності і пускових якостей автомобіля планується провести експериментальні дослідження експлуатації автомобіля з передпусковим підігрівом.

1. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Наказ міністерство транспорту України: № 99 від 16 лютого 2004 року.
2. Симоненко Р.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників автомобілів шляхом раціонального прогріву їх двигунів. Дисертація на здобуття

- наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Національний транспортний університет, Київ, 2004.
3. Грицук І. В., Краснокутська З. І., Вербовський В. С., Адров Д. С., Підвищення ефективності використання палива та точного регулювання теплового стану двигуна внутрішнього згоряння при відведенні теплоти охолоджувальної рідини енергоагрегату. - Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення. IV Всеукраїнська науково-технічна конференція, Національний університет кораблебудування, <http://conference.nuos.edu.ua>
  4. Сітовський О.П. Застосування бортового комп'ютера MULTITRONICS VG1031GPL для дослідження експлуатаційних властивостей автомобіля // Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології. Електронне наукове фахове видання (друкована версія). – Харків: ХНАДУ, 2011.- Випуск 3.- с.100-103.