

DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.1.202-214>

УДК 629.113.004

М.Г. Горліченко, к.пед.н., доц.

М.О. Дроздов, к.ф.-м.н., доц.

В.О. Поляков

Військова академія (м. Одеса), Україна

СПОСІБ ТА УСТРІЙ КОНТРОЛЮ ВИТРАТИ РІДКОГО ПАЛИВА

Витрата палива виступає одним з важливих показників, що характеризують технологічний та технічний стан транспортного засобу і його експлуатаційні властивості. В процесі експлуатації надійність машин знижується, а витрата палива збільшується, як і збільшується кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу. Тому контроль витрати палива дозволяє оцінити поточну якість транспортного засобу, а також оптимальність умов його експлуатації.

На сьогодні існує чимало способів та устроїв для контролю витрат рідкого палива на транспортних засобах. Переважна більшість їх відзначається високою вартістю або незадовільною точністю та надійністю дії, а також складністю та проблематичністю монтажу на транспортному засобі, незручністю у використанні за призначенням тощо. Саме тому, навіть на найсучасніших транспортних засобах, ще й досі залишаються прості, надійні але недостатньо точні і такі, що не відповідають вимогам часу засоби контролю витрат рідкого палива.

Між тим, проблема економічної витрати палива, яка також споріднена з проблемою захисту середовища що оточує, вимагає термінового розв'язання, яке не може бути досягнуто без використання простих, надійних, безпечних і маловартісних засобів контролю витрат рідкого палива на будь-якому транспортному засобі.

В теоретичному плані дана проблема є предметом багатофакторного аналізу з множиною випадкових чинників (вид і стан транспортного засобу, вид і стан дорожнього покриття, режим завантаженості і руху, змінність висот та напрямків руху, атмосферні умови тощо).

Серед вже існуючих засобів контролю витрат рідкого палива необхідною точністю (погрішність 1-2%) відзначаються об'ємні датчики витрати палива, але названі вище недоліки зберігаються ще й досі і в цьому разі.

В даній статті авторами пропонується спосіб і засоби контролю витрати рідкого палива на основі оригінального рішення з використанням принципу оптимальної дискретизації рівних порцій палива, які враховуються лічильником циклів подачі палива.

Проведені попередні експериментальні дослідження показали перспективність даних способу і засобів контролю витрати рідкого палива на транспортному засобі.

Ключові слова: транспортний засіб, паливна система, паливна магістраль, датчик рівня палива (ДРП), датчик витрати палива (ДВП), лічильник циклів, витрата палива.

Постановка проблеми

Контроль витрат рідкого пального на транспортних засобах (далі ТЗ) в Збройних Силах України, а також в цивільних підприємствах, має сьогодні значну актуальність через високу питому ціну рідкого пального і цілий ряд проблем, які не вирішені належним чином і по сьогодні. Це пов'язано, перш за все, зі значними коштами, які доводиться витратити на обладнання кожного транспортного засобу сучасними надійними і точними приладами контролю розходу палива та їх можливим шкідливим впливом на роботу штатного паливного обладнання автомобілю, бронетранспортеру, танку тощо. З іншого боку, ще й досі не існує стандартної міжнародної чи державної методики, за якою можна було б врахувати, з придатною точністю, вплив різноманітних фізичних факторів на фактичний розхід рідкого палива двигуном конкретного транспортного засобу [1-2]. Такими факторами виступають, наприклад, тип і поточний стан двигуна, а також самого транспортного засобу, його поточна завантаженість, стан дорожнього полотна, перепад висот та змінність кривизни траси руху, метеорологічні умови (зокрема, зустрічний або супутній вітер, температура та вологість повітря, висота місцевості), режим руху тощо [3]. Тож теоретичні передбачення розходу палива на конкретному транспортному засобі на трасі руху є багатопараметричною фізико-технічною задачею, яка принципово не може точно відповідати реальному розходу палива і через це важко очікувати

реальності від декларованих нормативів розходу палива. Навіть найкраще на сьогоднішній день математичне модулювання розходу рідкого палива за теорією Говорущенко Н.Я. [4] не дає задовільного розв'язання проблеми. Це пов'язано з тим, що випадкова змінність згаданих фізико-технічних параметрів за досвідом експлуатації транспортних засобів може вести до перевищення заявленого заводом-виробником нормативу витрати палива більше ніж удвічі.

Умови ведення контролю витрати палива в Україні затверджені нормативним актом [5]. Але виконання його вимог можливо лише за наявності засобів контролю витрати рідкого палива на кожному будь-якому транспортному засобі. Практика показує, що недостатньо визначити витрату палива транспортним засобом періодично, в умовах, наприклад, проведення державного технічного огляду. Відсутність постійного і надійного контролю витрат палива часто веде до прискореного зниження моторесурсу транспортного засобу, а також зловживань і великих фінансових та матеріальних втрат підрозділами та підприємствами.

Таким чином, реальна витрата палива може бути визначена лише в процесі руху транспортного засобу шляхом прямого або непрямого вимірювання [6].

В наш час поширені такі три основних способи отримання інформації про витрату палива:

- з електронного блоку керування через діагностичний роз'єм [7];
- за рівнем палива в баку [8];
- шляхом вимірювання швидкості потоку палива в магістралі [9].

З оглядом на сказане авторами обрана наступна методика розв'язання зазначеної проблеми:

- критичний фізичний аналіз інформації за темою наукової роботи, що знаходиться у відкритому доступі (паперові та електронні документи, мережа Internet) в аспекті проблеми що розглядається (основний метод дослідження);

- експериментальна перевірка гіпотез, що виникли у наслідок фізичного аналізу на простих фізичних моделях з метою виконання завдання наукової роботи;

- розробка та випробування дослідної моделі устрою постійного контролю витрати рідкого палива на транспортному засобі, який знаходиться в задовільному технічному стані.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перше всього, розглянемо фізико-технічні основи контролю витрати рідкого палива приладами, які широко використовуються в сучасній автомобільній техніці, а також такі з них, які вважаються перспективними на найближче майбутнє. Вважаючи що проблема контролю витрат палива може зацікавити багатьох читачів даної статті, автори далі розглядають її в більш широкому аспекті, ніж це потрібно для викладу проведеної розробки. Існує два основні види датчиків: датчик рівня палива в баку ТЗ і датчик витрати палива.

Датчик рівня палива (ДРП) – пристрій для оперативного і точного контролю висоти стовпа рідкого палива в баку. На підставі цих даних платформа GPS-моніторингу обчислює:

- кількість палива в баку;
- витрату палива за період;
- середню витрату палива, наприклад, у літрах на 100 км за певний період експлуатації ТЗ;
- заправки або зливи палива.

Сфера застосування. Датчики рівня палива використовуються на стаціонарних і пересувних об'єктах. До стаціонарних об'єктів належать, наприклад, резервуари з паливом на АЗС. Як пересувні об'єкти виступають різноманітні транспортні засоби: бронетехніка, автомобілі, тепловози, кораблі, літаки і т.д.

Типи датчиків рівня палива: штатні ДРП та ДРП, які встановлюються окремо.

Станом на 2020 рік найбільш поширеними є такі типи ДРП [10]:

Штатні ДРП. Звичайно, це поплавковий (також відомий як «потенціометричний»), який діє за законом Архімеда плавучості тіл.

ДРП, що встановлюються окремо. Таких датчиків є декілька різновидів.

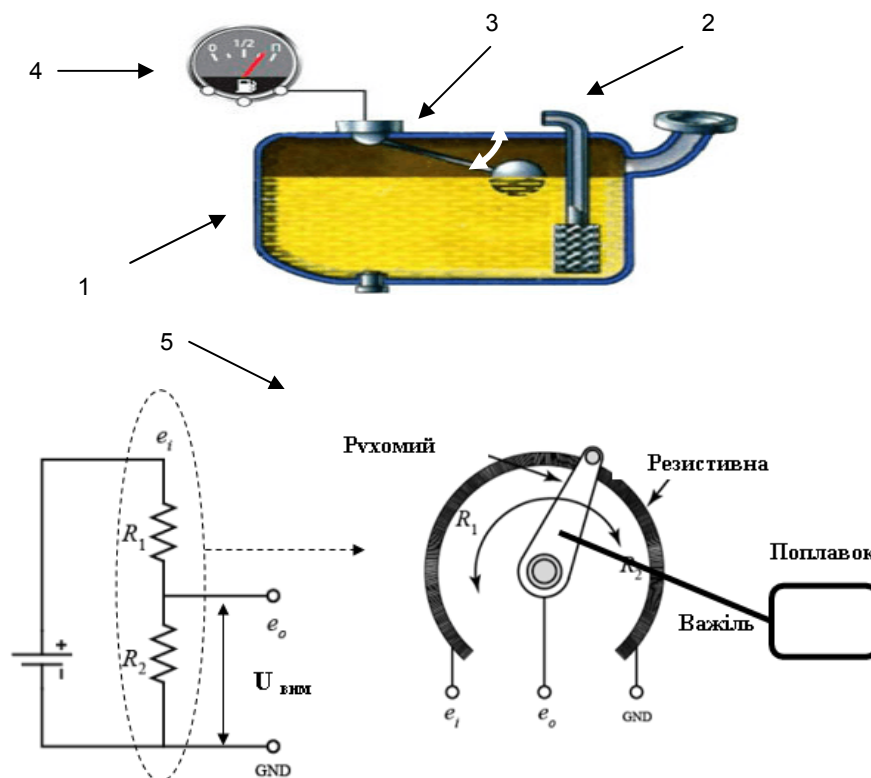
Ємнісний ДРП – електрична ємність датчика, яка залежить від рівня палива в баку, перетворюється на пропорційну їй електричну напругу.

Ультразвуковий ДРП – час проходження ультразвукового променя, що відбивається від поверхні палива перетворюється на відповідний йому цифровий сигнал показчика рівня палива.

Поплавковий датчик, як правило, є штатним (вбудованим в автомобіль на заводі), і використовується для відображення відносного рівня палива на приладовій панелі автомобіля. Призначення цього датчика – показувати приблизний рівень палива в баку водієві. Тому він не є високоточним, на практиці його відносна похибка може доходити до 10-30% і більше.

Ємнісний і ультразвуковий датчики відносяться до високоточних інструментів контролю палива в системах управління автопарками. Вони встановлюються не на заводі, а додатково – інтеграторами систем супутникового моніторингу. Відносна точність таких датчиків – в межах 1-2%.

Принцип роботи поплавкового ДРП (рис. 1.): поплавок з'єднаний поворотним важелем зі змінним резистором (інакше кажучи, «потенціометром»). При зміні рівня палива в баку змінюється і положення поплавка. Поплавок пов'язаний з потенціометром, так що змінюється опір резистора і, отже, змінюється електрична напруга, що знімається з датчика.



1 – паливний бак з заливною горловиною та зливною пробкою; 2 – вентиляційний пристрій, необхідний для вирівнювання атмосферного тиску зовні та всередині баку; 3 – реостат (потенціометр), який керується поплавком через жорсткий поворотний важіль; 4 – аналоговий вимірювач електричного опору потенціометра; 5 - Принципова схема вимірювання рівня палива поплавком

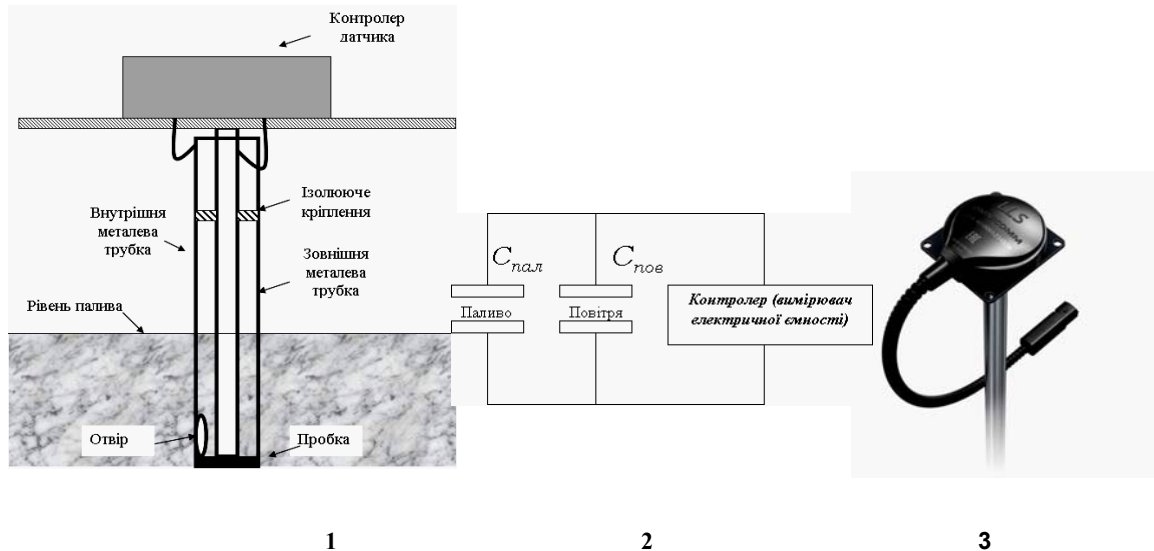
Рис. 1. Принцип дії поплавкового ДРП

Дані поплавкового датчика передаються на приладову панель в кабіні водія через:

- окремий провід; аналоговий сигнал (напруга) – на старих ТЗ;
- CAN-шину; цифровий сигнал – на сучасних ТЗ.

Принцип роботи ємнісного ДРП: ємнісний ДРП уявляє собою електричний конденсатор, ємність якого зменшується з витратою палива, тому що паливо виступає в ньому в ролі діелектричної прокладки і ця прокладка з нього поступово «забирається» із зниженням рівня палива в баку.

Конструкція ємнісного ДРП (рис. 2). Вимірювальна частина датчика – це дві коаксіальні трубки, вставлені одна в іншу (рідше – трубка і внутрішня струна), які знаходяться всередині баку у вертикальному положенні і по висоті від дна баку незначно перевищують максимальну товщю палива. Трубки виконують роль обкладинок конденсатора. Вгорі обидві трубки прикріплені до вимірювальної плати датчика (контролера).



1 – принципова конструкція датчика; 2 – еквівалентна схема датчика;
3 – вигляд промислового зразку датчика.

Рис. 2. Принцип дії ємнісного ДРП

На трубки (обкладинки конденсатора) подається вимірювальна електрична напруга. При цьому паливо виконує функцію діелектрика електричного конденсатора з об'ємом, який зменшується з витратою палива. Проміжок між обкладинками вільно заповнюється паливом при зануренні датчика і так само вільно звільняється при зменшенні рівня палива (так що рівень палива в трубках точно відповідає рівню палива в баку). Бензин (або дизельне паливо) має більшу ніж повітря діелектричну проникність. Тому зменшення рівня палива призведе до пропорційного зменшення електричної ємності, яку можна виміряти різними способами і поставити у відповідність до рівня палива. Перетворення значення ємності датчика в цифровий сигнал рівня палива виконує мікропроцесор – контролер датчика. Інформація від нього передається в GPS-термінал – модулюється у вигляді напруги (аналоговий ДРП), частоти (частотний ДРП) або безпосередньо в цифровому вигляді (цифровий ДРП). Дані вимірювань ємнісного ДРП передаються в систему моніторингу, як правило, разом з черговим пакетом даних про місцезнаходження транспортного засобу та режим його руху.

Принцип роботи ультразвукового ДРП (рис. 3) Датчик являє собою ультразвуковий випромінювач-приймач з проводом для з'єднання з GPS-трекером (приймально-передавальним пристроєм, призначеним для дистанційного стеження за положенням транспортного засобу). Випромінювач закріплюється із зовнішнього боку дна бака і генерує імпульс ультразвукової частоти. Пройшовши через металеве дно бака і товщю палива, сигнал відбивається від границі розділу середовищ «паливо-повітря». Відбитий сигнал вловлюється цим же випромінювачем. На підставі часу між відправленням імпульсу і поверненням відбитого сигналу формується цифрова інформація про поточну висоту стовпа палива в баку. Дані вимірювань передаються в систему GPS-моніторингу, як правило, разом з черговим пакетом даних про місцезнаходження.

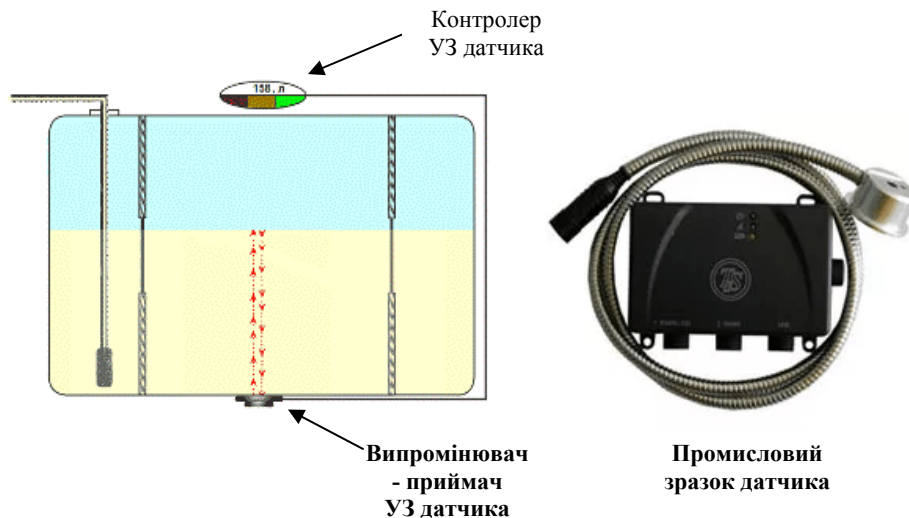


Рис. 3. Принцип дії ультразвукового ДРП

У реальних умовах ультразвукова технологія зарекомендувала себе не дуже добре через складності монтажу (впливають багато факторів, які не завжди вдається враховувати «на місці»):

Датчик кріпиться до дна бака спеціальним епоксидним клеєм або за допомогою металевої стрічки. При цьому повинен забезпечуватися ідеальний контакт поверхні датчика з поверхнею бака. Якщо такий контакт не відповідає вимогам то ультразвукові хвилі поширюються з спотвореннями, що впливає на точність вимірювань.

Непередбачуваною є наявність в баку перегородок. Наявність перегородок (служать для зменшення коливань палива) і матеріал, з якого вони зроблені, можуть впливати на поширення ультразвукових сигналів і, як наслідок, на покази датчика. Місце кріплення датчика доводиться підбирати «на удачу». Крім того, нерівності і горбки на внутрішній поверхні дна бака (ребра жорсткості, сміття, взимку – лід) спотворюють і розсіюють ультразвуковий сигнал. Це знову приводить до неточностей.

На практиці ультразвуковий ДРП має сенс застосовувати тільки для автомобілів, переведених на зріджений газ. У таких автомобілів відсутня можливість використовувати інші типи ДРП.

Датчик витрати палива (ДВП) – пристрій для оперативного і точного контролю поточної швидкості витрати палива на підставі вимірювання швидкості потоку палива в паливній магістралі. На підставі таких вимірювань платформа GPS-моніторингу обчислює [11]:

- кількість палива що залишилося в баку;
- витрату палива миттєву та за період;
- середню витрату палива, наприклад, у літрах на 100 км за певний період експлуатації ТЗ;
- заправки або сливи палива;
- дає команди управління в паливну систему ТЗ для оптимізації витрати палива.

ДВП – прилад, що вимірює об'ємну або масову витрату палива, тобто кількість палива (за обсягом, чи масою), що проходить через поперечний перетин потоку, наприклад, перетин паливної магістралі в одиницю часу. Якщо ДВП має інтегруючий пристрій (лічильник) і служить для одночасного вимірювання кількості використаної речовини, то його називають лічильником-витратоміром.

Принцип роботи. Принцип роботи ДВП на сьогодні представлений множиною різних способів. Вже така велика їх кількість говорить про незадоволення споживачів ними через різні обставини і, перше всього, через очевидну високу вартість та складність монтажу на ТЗ. В основному їх два види: швидкісні ДВП та об'ємні ДВП.

Швидкісні ДВП (рис. 4) влаштовані таким чином, що рідке паливо, що протікає через камеру приладу, приводить в обертання вертушку або крильчатку, кутова швидкість якої пропорційна швидкості потоку, а отже і витраті.

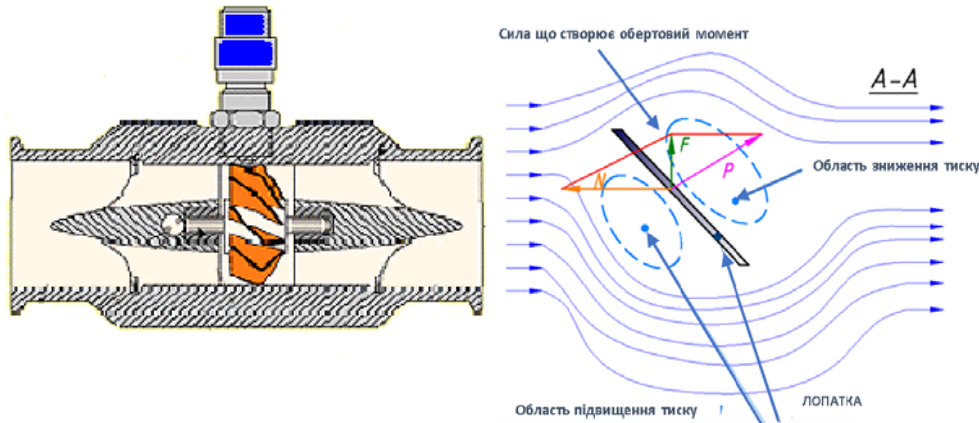


Рис. 4. Принцип дії швидкісного ДВП. Праворуч показана фізична природа виникнення обертового моменту крильчатки турбіни

Швидкість обертань турбінки, тож і миттєву витрату палива, можна знати через або механічні, або електромагнітні пристрої.

Об'ємні ДВП. Рідке паливо надходить в прилад окремими, рівними за обсягом дозами, які потім додаються. Знаючи час і повну витрату палива можна знати швидкість витрати палива.

Класифікація об'ємних лічильників

Залежно від конструктивних особливостей робочого органу: поршневі та шестеренні.

Залежно від виду руху робочого органу: поступального, обертально-ротаційного, прецесійного та планетарного руху.

Залежно від конструкції та виду руху робочого органу класифікуються на:

- поршневі (кільцеві) з планетарним рухом кільцевого поршня;
- шестеренні (круглі) з ротаційним обертанням круглих шестерень;
- шестеренні (овальні) з ротаційним обертанням овальних шестерень (рис. 5.);
- лопатеві (камерні) з ротаційним обертанням лопатей, виконаних у вигляді камер;
- лопатеві (пластинчасті) з ротаційним обертанням пластинчастих лопатей.

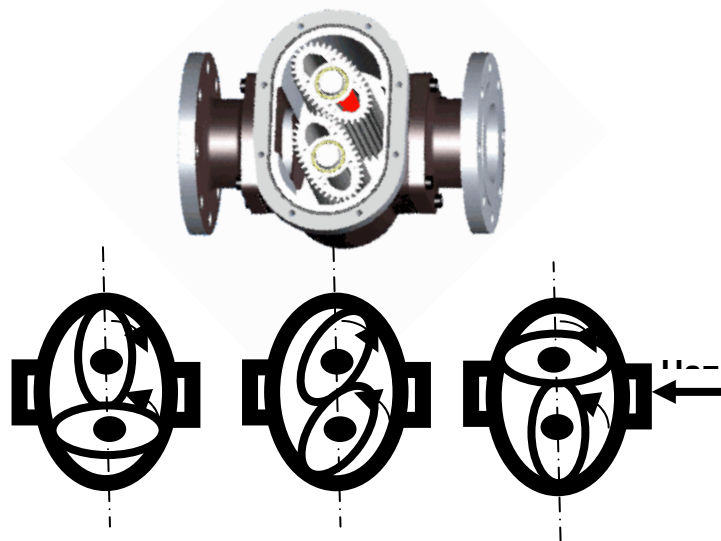


Рис. 5. Принцип дії об'ємного ДВП (на прикладі з ротаційним обертанням овальних шестерень)

На рис. 5 можна бачити, що при обертаннях еліптичні шестерні виконують роль перепускних клапанів, які працюють циклічно. При цьому на кожному оберті шестерень через ДВП пропускається рівні кількості рідкого палива. Важливо відзначити, що у будь яку мить об'єми рідини, що входять і виходять з шестеренчастого вузла однакові, що відповідає умові безперервності потоку рідини.

Знаючи кількість повних обертів і час, за який вони відбулися, можна знати повну витрату палива і її швидкість за визначений період. В реалії це відбувається через дію механічного або електронного лічильника циклів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Висновки за оглядом ДРП.

1. Найбільш дешевим та зручним у використанні є поплавковий ДРП, тим більше, що він майже на всіх ТЗ встановлюється на заводах-виробниках як штатний прилад. Але точність вимірювання є незадовільною і його похибка досягає 30% і більше. Тож використовувати практично його можна лише в якості індикаторного приладу, який може дати лише приблизне уявлення про розхід палива та необхідність чергової заправки.

2. Значно більшу точність вимірювання дають ємнісні та ультразвукові ДРП (близько 1-3%). Але вартість такого обладнання та складності його монтажу на ТЗ значно ускладнюють їх застосування.

Висновки за оглядом ДВП.

1. Швидкісні і об'ємні ДВП дозволяють визначати витрати палива з високою точністю (близько 1-2%).

2. Швидкісні ДВП мають велику погрішність при малих швидкостях потоку палива, складні в монтажі.

3. Об'ємні ДВП мають найбільшу вартість і тому їх використання є проблематичним.

Таким чином, проблема вимірювання розходу рідкого палива на транспортному засобі залишається актуальною через високу вартість та складність монтажу необхідного обладнання, незважаючи на величезну кількість реалізованих технічних рішень.

Постановка завдання

На основі аналізу сучасного стану загальної проблеми контролю витрат рідкого палива, а також використання принципово нових рішень, запропонувати прості та надійні спосіб і устрій контролю розходу рідкого палива на транспортному засобі, гідний для використання на існуючій транспортній техніці Збройних Сил України з карбюраторними, форсунковими або дизельними двигунами.

Виклад основного матеріалу дослідження

За думкою авторів, перспективний витратомір, повинен відповідати наступним вимогам:

1. Прилад має забезпечувати вимірювання середньої витрати палива транспортним засобом в прямому відліку на ділянках шляху від 100 м і більше у будь яких режимах руху. Відмова від вимірювання миттєвих значень дозволяє суттєво спростити принцип дії та конструкцію устрою.

2. Основним призначенням перспективного витратоміру є вчасне визначення занадто великих витрат палива транспортним засобом і, на підставі цього, вчасне технічне обслуговування його систем, з метою досягнення нормативних витрат. Крім цього, за його допомогою має бути можливим знаходження найбільш оптимальних, за витратою палива, режимів роботи.

3. Погрішність вимірювань не повинна перевищувати 3%.

4. Конструкція має бути такою, щоб її можна було б повторити в умовах звичайного військового автопарку з невеликою витратою коштів та матеріалів.

5. Устрій має бути зручним для монтажу та використання на будь-якому транспортному засобі (автомобілі, спеціальна техніка, танки, бронетранспортери).

6. Устрій має бути гідним для використання в системі GPS-моніторингу.

З одного боку, у проведеному вище порівняльному аналізі датчиків витрати палива відзначалося що найбільшою точністю володіють об'ємні датчики витрати палива.

З іншого боку, широко відомий і поширений спосіб «проливу»: коли на певному режимі роботи визначається пройдений кілометраж на точно виміряній дозі палива. Слід відзначити, що застосовувати на практиці такий метод виявилось незручно, тому він застосовується зазвичай лише у разі крайньої необхідності.

Автори даної наукової роботи прийшли до рішення поєднати привабливі властивості об'ємних ДВП та згаданого методу «проливу» в конструкції, яка тут буде описана нижче.

Принцип дії устрою. Устрій включається в магістраль штатної паливної системи транспортного засобу з будь-яким видом рідкого палива на вході штатного бензинового насосу (в карбюраторних двигунах, або на вході штатних плунжерних насосів високого тиску в дизельних двигунах) у зручному місці підкапотного простору.

Устрій уявляє собою дозуючий прилад з електронним або релейним керуванням.

Алгоритм дії пристрою:

1. При запуску двигуна нормована ємність для палива (об'ємом 100-500 мл (в залежності від виду транспортного засобу) – доза, якої достатньо для декількох хвилин роботи навантаженого двигуна) автоматично заповнюється паливом за допомогою додаткового електричного насосу підкачки, який після цього вимикається.

2. Подальша робота двигуна спустошує нормовану ємність до залишку в 50 мл, після чого знов вмикається насос підкачки, який швидко, за долі секунди, знов наповнює нормовану ємність. Далі цикл автоматично повторюється необмежену кількість разів аж до повної витрати палива ТЗ.

3. На протязі кожного циклу зворотна магістраль, яка найчастіше існує на ТЗ, особливо з дизельними двигунами, повертає зайве паливо безпосередньо в нормовану ємність устрою. Це вигідним чином відрізняє розробку від існуючих ДВП, які найчастіше потребують встановлення додаткового ДВП на зворотну паливну магістраль.

Принципова схема пристрою, що розробляється.

Спрощена принципова схема фрагменту звичайної паливної магістралі на рис. 6.

Спрощена принципова схема фрагменту паливної магістралі з пристроєм, що розробляється показана на рис. 7.

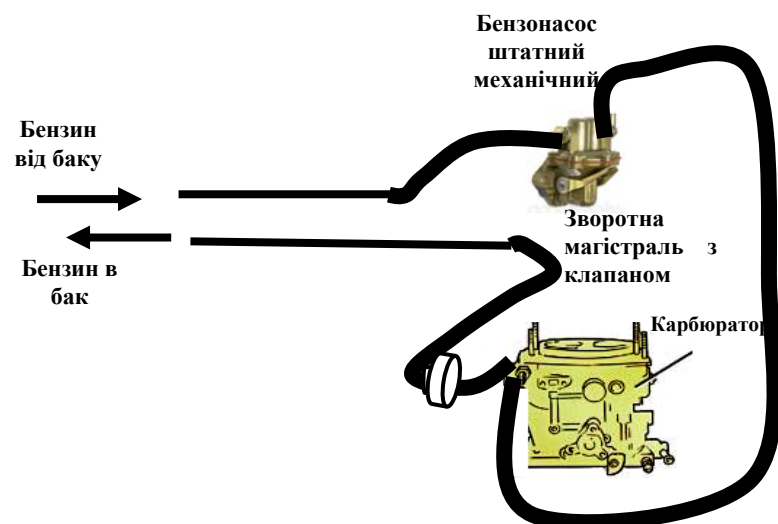


Рис. 6. Спрощена принципова схема (фрагмент) звичайної паливної системи

Як можна бачити з рис. 7, звичайна паливна система (рис. 6), відповідно проведеної розробці, доповнюється наступними складовими устроєм:

- виміряна герметична ємність яка нормально з'єднана з атмосферою через голчатий поплавковий клапан (на подобию такого, як в поплавковій камері звичайного карбюратора). Клапан призначений для неможливості виходу палива з системи. Виконується у вигляді тонкостінної замкненої посудини з алюмінію чи з його сплавів. Для досягнення достатньої точності циклових наповнень співвідношення дожини ємності до її діаметру має бути не менше 10;
- слідкуючий пристрій на основі герконів SF1 та SF2 та магніту на поплавку з направляючим стержнем, розташованим всередині виміряної ємності;
- паливний насос підкачки, який слугує для швидкого наповнення паливом виміряної ємності;
- блок керування та індикації, який за сигналами від герконів SF1 і SF2 вмикає, або вимикає електричний привод паливного насосу підкачки, а також рахує цикли і подає звуковий сигнал на початок кожного з них.

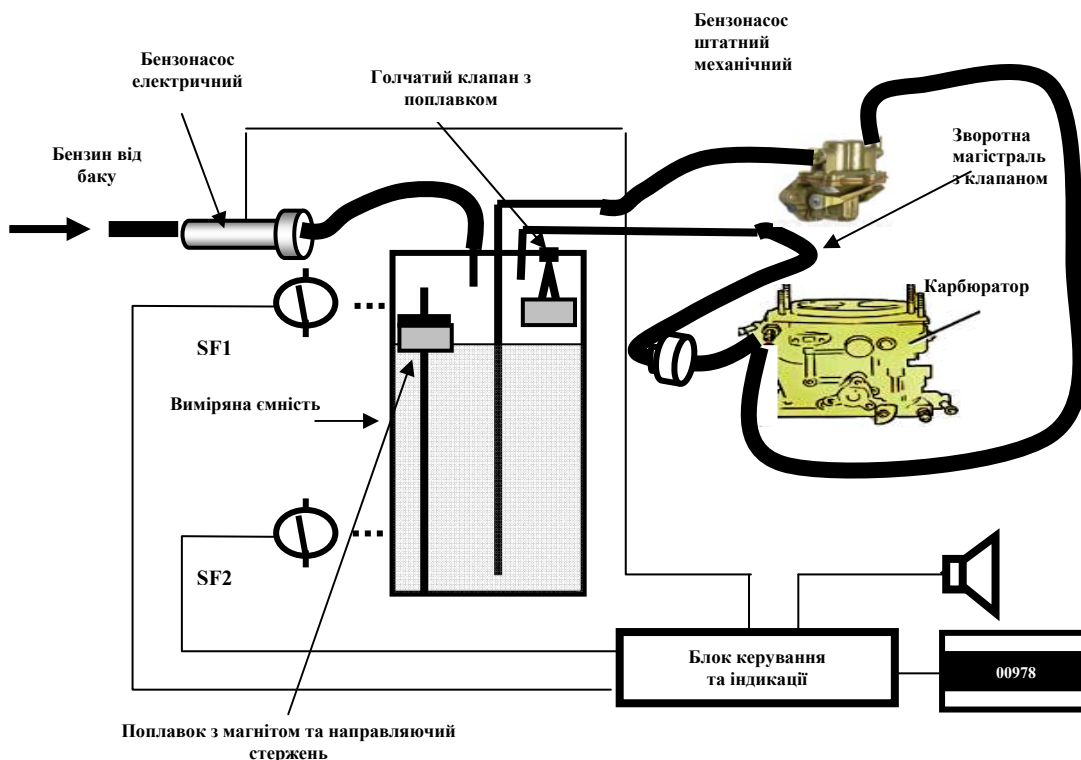


Рис. 7. Спрощена принципова схема (фрагмент) паливної системи з устроєм вимірювання витрати рідкого палива

Сигнали керування формуються за допомогою слідкуючого пристрою на основі герконів SF1 та SF2 та магніту на поплавку з направляючим стержнем, розташований всередині виміряної ємності.

Важливе зауваження: описувана система вимагає двох паливних насосів:

- керований насос підкачки, яким на рис. 7 виступає електричний насос, що вмикається та вимикається за командами блоку керування та індикації;
- насос безперервної дії, яким виступає штатний механічний насос.

Розглянемо докладніше як відбувається один цикл спустошення та наповнення виміряної ємності.

При першому старті (при включенні замку запалення) керований насос підкачки наповнює паливом до верхнього визначеного рівня виміряну ємність. Сигнал про наповнення виміряної ємності на блок керування подає геркон SF1, що призводить до вимкнення керованого насосу.

Одночасно, на весь час поїздки включається насос безперервної дії, який живить карбюратор за звичайним режимом. Надмірна подача бензину повертається через зворотну магістраль та її клапан

(потрібен для виключення контакту подачі палива на карбюратор з зовнішньою атмосферою) безпосередньо у виміряну ємність і, таким чином, не впливає на результати повної витрати палива.

З витратою палива у виміряної ємності до рівня, який відслідковується герконом SF2 (за умовою збереження деякого залишку палива для забезпечення безперервної роботи двигуна, наприклад в розмірі 100 мл), блок керування та індикації знов вмикає насос підкачки, що призводить до швидкого (близько 0,1 с) нормованого наповнення виміряної ємності паливом.

Такий цикл може повторюватися необмежену кількість разів, аж до вимкнення запалення, або до повної витрати палива в баку.

Лічильник циклів спрацьовує за сигналами від геркону SF1 (стан наповнення виміряної ємності) і дає візуальну інформацію про кількість циклів, які відбулися за час поїздки. За показами одометра водій може розрахувати повну витрату палива за весь час руху в літрах палива а також знайти середню питому витрату палива за весь період (в літрах на 100 кілометрів шляху – звичайно нормована заводом виробником величина). Порівняння середньої питомої витрати палива з її нормованим значенням дає водію можливість зробити висновок про необхідність перевірки технічного стану транспортного засобу або про необхідність оптимізації режиму їзди.

Наявність звукової сигналізації про початок чергового циклу дозволяє досвідченому водію «на слух», по частоті імпульсів зробити висновок про занадто високу швидкість витрати палива. При нормальній витраті палива в 10 літрів на 100 кілометрів шляху і витраті палива за цикл в 50 мл частота таких імпульсів складає близько 6 звукових імпульсів за хвилину. Таке значення дозволяє водію швидко (на протязі декількох хвилин) за звуковими сигналами зорієнтуватися у відхиленнях від нормованої витрати палива транспортним засобом.

Очікувана точність дії пристрою забезпечується тим, що накопичення абсолютної погрішності відбувається пропорційно кількості здійснених циклів і тому відносна погрішність за весь час дії залишається рівною відносній погрішності в одному циклі. За умовою співвідношення дожини ємності до її діаметру не менше 10 цілком можливо досягти відносної погрішності вимірювання витрати палива в задані 3%.

На завершення відзначимо, що запропоновані спосіб і засоби контролю за витратами палива гідні для застосування на будь яких машинах і механізмах (у тому числі, танках, бронетранспортерах тощо) з будь-якими видами рідкого палива.

Важливим також є те, що сигнал лічильника циклів заповнення виміряної ємності можна легко надати до трекера системи GPS моніторингу.

Висновки

1. Запропоновано новий спосіб та устрій визначення витрат палива на транспортних засобах військового та цивільного призначення.
2. Проведені натурні дослідження показали доцільність і конкурентоздатність розробки.
3. У порівнянні з відомими промисловими зразками практична реалізація сказаного може дати в рази більшу точність вимірювань витрат через більшу циклову витрату палива.
4. При можливих технічних неполадках паливна система транспортного засобу легко повертається до штатного вигляду з наступним налагодженням в зручний час.
5. Практичне впровадження результатів науково-технічної розробки може суттєво покращити справи в збереженні паливних матеріалів і вчасному технічному обслуговуванні транспортних засобів.
6. Випробування дослідного зразка, який вже створено, показують його достатньо високу надійність.
7. Автори не вважають досягнуте остаточним результатом і мають намір продовжити вдосконалення розробки, зокрема доповнити її датчиком рівня палива також з оригінальним принципом дії.

Список використаних джерел

1. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. – 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. – 400 с.
2. Ніколас Хілл, Елізабет Віндіск, Олексій Клименко (Державне підприємство «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут», Київ, Україна) Підсумковий звіт. Розробка національної транспортної політики щодо регулювання викидів CO₂ та споживання енергії дорожнім транспортом в Україні, Київ, 2016, С. 252.
3. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студ. высш. учеб. заведений [Электронный ресурс] / В.К. Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6302380/page:27/> (дата обращения: 16.09.2020).
4. Наказ Міністерства транспорту України «Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті» [Електронний ресурс] // № 43 від 10.02.1998 р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98?lang=uk#Text>
5. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований) : монография / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 292 с.
6. ГОСТ 20306-90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200010003> (дата звернення: 21.09.2020).
7. Islam R., Alam M.M., Ahmed I., Azad K. Automatic prevention model for vehicle fuel theft. 6th BSME International Conference on Thermal Engineering. 2014. 7 p.
8. Точный датчик уровня топлива ДУТ-Е. Измерение уровня топлива в баке. Система мониторинга и контроля транспорта. URL: https://ukrevro.com/datchik_urovnja_dut.html (дата обращения 22.09.2020).
9. Расходомеры топлива DFM. ООО «ТехноТонТрейд». URL: <http://tehnoton.by/расходомерытоплива--dfm/-dfm/> (дата обращения: 11.09.2020).
10. Датчик уровня топлива. Подробное руководство URL: <https://www.navixy.com/ru/docs/academy/fuel-control/fuel-sensor/> (дата звернення 02.10.2020).
11. Расходомеры URL: <https://www.navixy.com/ru/docs/academy/fuel-control/fuel-flow-meter/> (дата обращения 14.10.2020).

References

1. Kislikov, V.F., & Lushhik, V.V. (2006). *Budova j ekspluataczi`ya avtomobi`li`v [Construction and operation of cars]*. (6th ed.). Kyiv: Libi`d` Publ [in Ukrainian].
8. Khi`ll, N., Vindisk E., Klimenko, O. (2016). *Rozrobka naczionalnoyi transportnoyi politiki shhodo regulyvannya vikidiv CO₂ ta spozhivannya energiyi dorozhnim transportom v Ukrayini [National development transport policy on regulation of CO₂ emissions and road energy consumption transport in Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
9. Vahlamov, V.K. (2005). *Avtomobili: Ekspluatatsionnyie svoystva [Cars: Performance properties]*. Moskva: Izdatelskiy tsentr «Akademiya» Publ. *studfile.net* retrieved from: <https://studfile.net/preview/6302380/page:27/> (Last accessed: 16.09.2020) [in Russian].
10. Nakaz Ministerstva transportu Ukrainy Pro zatverdzhennia Norm vytrat palyva i mastylnykh materialiv na avtomobilnomu transporti [Order of the Ministry of Transport of Ukraine On approval of standards for the consumption of fuel and lubricants on road transport] № 43 (1998, February 10). *zakon.rada.gov.ua* Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0043361-98?lang=uk#Text> [in Ukrainian].
11. Govoruschenko, N.Ya. (2011). *Sistemetehnika avtomobilnogo transporta (raschetnyie metodyi issledovaniy) [System engineering of road transport (computational research methods)]*. Harkov: HNADU Publ. [in Russian].

12. *Avtotransportnye sredstva. Toplivnaya ekonomichnost. Metody ispytaniy [Motor vehicles. Fuel economy. Test methods].* (1992). GOST 20306-90 from 1th January 1991. docs.cntd.ru Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/1200010003> (Last accessed: 21.09.2020) [in Russian].

13. Islam, R., Alam, M.M., Ahmed, I., & Azad, K. (2014). Automatic prevention model for vehicle fuel theft. *6th BSME International Conference on Thermal Engineering*, 7 [in English].

14. Tochnyj datchik urovnya topliva DUT-E. Izmerenie urovnya topliva v bake. Sistema monitoringa i kontrolya transporta [Precise fuel level sensor DUT-E. Measurement of the fuel level in the tank. Vehicle monitoring and control system]. (n.d.) *ukrevro.com* Retrieved from https://ukrevro.com/datchik_urovnja_dut.html (Last accessed: 22.09.2020) [in Russian].

15. Rashodomeryi topliva DFM [DFM fuel flow meters]. (n.d.). *tehnoton.by* Retrieved from <http://tehnoton.by/расходомеры-топлива-dfm/> (Last accessed: 11.09.2020) [in Russian].

16. Datchik urovnya topliva. Podrobnое rukovodstvo [Fuel level sensor. Detailed guide]. (n.d.). *www.navixy.com* Retrieved from <https://www.navixy.com/ru/docs/academy/fuel-control/fuel-sensor/> (Last accessed: 02.10.2020) [in Russian].

17. Rashodomeryi [Fuel Flow Meter Tutorial]. (n.d.). *www.navixy.com* Vitratomiri. Retrieved from <https://www.navixy.com/ru/docs/academy/fuel-control/fuel-flow-meter/> (Last accessed: 14.10.2020) [in Russian].

Рецензент: Головань В.Г., кандидат технічних наук, професор, Військова академія (м. Одеса), Україна

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ РАСХОДА ЖИДКОГО ТОПЛИВА

М. Горличенко, М. Дроздов, В. Поляков

Расход топлива является одним из важных показателей, характеризующих технологическое и техническое состояние транспортного средства и его эксплуатационные свойства. В процессе эксплуатации надежность машин снижается, а расход топлива увеличивается, как и увеличивается количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. Поэтому контроль расхода топлива позволяет оценить реальное качество транспортного средства, а также оптимальность условий его эксплуатации.

Сегодня существует немало способов и устройств для контроля расхода жидкого топлива на транспортных средствах. Подавляющее большинство их отличается высокой стоимостью или неудовлетворительной точностью и надежностью действия, а также сложностью и проблематичностью монтажа на транспортном средстве, неудобством в использовании по назначению и тому подобное. Именно поэтому, даже на самых современных транспортных средствах до сих пор остаются простые, надежные, но недостаточно точные и такие, которые не соответствуют требованиям времени средства контроля расхода жидкого топлива.

Между тем, проблема экономичного расхода топлива, которая также родственна с проблемой защиты окружающей среды требует срочного решения, которое не может быть достигнуто без использования простых, надежных, безопасных и недорогих средств контроля расходов жидкого топлива на каждом транспортном средстве.

В теоретическом плане данная проблема является предметом многофакторного анализа с множеством случайных факторов (вид и состояние транспортного средства, вид и состояние дорожного покрытия, режимы загрузки и движения, изменчивость высот и направлений движения, атмосферные условия и т.д.).

Среди уже существующих средств контроля расходов жидкого топлива требуемой точностью (погрешность 1-2%) отмечаются объемные датчики расхода топлива, но названные выше недостатки сохраняются до сих пор и в этом случае.

В данной статье авторами предлагается способ и средства контроля расхода жидкого топлива на основе оригинального решения с использованием принципа оптимальной дискретизации равных порций топлива, которые учитываются счетчиком циклов подачи.

Проведенные предварительные экспериментальные исследования показали перспективность данных способа и средств контроля расхода жидкого топлива на транспортном средстве.

Ключевые слова: транспортное средство; топливная система, топливная магистраль, датчик уровня топлива (ДУТ), датчик расхода топлива (ДРТ), счетчик цикла, расход топлива

METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING LIQUID FUEL CONSUMPTION

M. Gorlichenko, M. Drozdov, V. Polyakov

Fuel consumption is one of the important indicators characterizing the technological and technical condition of the vehicle and its operational properties. During operation, the reliability of the machines decreases and fuel consumption increases, as does the amount of harmful substances emitted into the atmosphere. Therefore control of a fuel consumption allows to estimate real quality of the vehicle, and also optimality of conditions of its operation.

Today, there are many methods and devices for monitoring liquid fuel consumption in vehicles. The overwhelming majority of them are distinguished by their high cost or unsatisfactory accuracy and reliability of the operation, as well as the complexity and problematicity of installation on a vehicle, inconvenience in their intended use and the like. That is why, even on the most modern vehicles, there are still simple, reliable, but not accurate enough and such that do not meet the requirements of the time, means for monitoring liquid fuel consumption.

Meanwhile, the problem of economical fuel consumption, which is also related to the problem of environmental protection, requires an urgent solution that cannot be achieved without the use of simple, reliable, safe and inexpensive means of controlling the consumption of liquid fuel on each vehicle.

In theoretical terms, this problem is the subject of multivariate analysis with many random factors (type and condition of the vehicle, type and condition of the road surface, modes of congestion and movement, variability of heights and directions of movement, atmospheric conditions, etc.).

Among the already existing means of monitoring liquid fuel consumption with the required accuracy (error 1-2%), volumetric fuel consumption sensors are noted, but the above drawbacks are still preserved in this case.

In this article, the authors propose a method and means for monitoring liquid fuel consumption based on an original solution using the principle of optimal discretization of equal portions of fuel, which are taken into account by the supply cycle counter.

Conducted preliminary experimental studies have shown the promise of these methods and means for monitoring the consumption of liquid fuel on a vehicle.

Keywords: *vehicle; fuel system, fuel line, fuel level sensor (DRP), fuel consumption sensor (DWP), cycle counter, fuel consumption.*