

Шифр “*Витрата палива*”

напрям «Автомобільна електроніка»

НАУКОВА РОБОТА

**на тему: «Стенд для калібрування і тарування
датчиків рівня палива»**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1.1 Будова та функціональні особливості пристроїв для контролю витрати палива.....	5
1.2 Будова та функціональні особливості терміналів для систем контролю палива.....	8
2.1 Обґрунтування геометричних та конструктивних параметрів моделі датчика рівня рідини.....	10
2.2 Розрахунок лінійної залежності ємності конденсатора відносно діелектричної проникності палива.....	12
3.1 Методики та обладнання для дослідження параметрів датчика рівня палива.....	15
4.1 Результати калібрування й тарування датчика рівня палива.....	18
4.2 Результати тарування датчика рівня на різних видах палива.....	20
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	27

ВСТУП

Актуальність теми. На всіх стадіях розвитку економіки транспорт повинен задовольняти її потреби в оперативному перевезенні пасажирів і вантажів, тому критичним є питання про своєчасне і якісне виконання переміщень людей та вантажів відповідно до потреб.

Автомобільний транспорт гарантує високий ступінь збереження, можливість доставки вантажів за принципом «від дверей до дверей», автомобільні перевезення гарантують досить швидку й термінову доставку вантажів. Крім того, автотранспорт забезпечує доставку самих різних видів вантажів - від особливо небезпечних до великогабаритних, а також поставок малих партій вантажів.

На сьогодні розвиток транспорту тісно пов'язаний зі стрімким розвитком електронних та інформаційних систем. Важко уявити сучасний трактор, легковий або вантажний автомобіль без штатної системи навігації та контролю. Їх встановлення проводять за бажанням клієнта, опціонально та за додаткову плату. Покупці вантажних автомобілів часто вважають їх додатковими системами комфорту, тому не включають їх у комплектацію. Однак в процесі експлуатації наявність системи контролю руху автомобіля, рівня та витрати палива дає можливість заощаджувати значні матеріальні та трудові ресурси [16], [17], [23], [25].

Для автотракторної техніки попередніх поколінь системи паралельного водіння, навігаційні системи та засоби контролю палива встановлюють додатковими комплектами. Їх встановлення вимагає втручання в штатні системи машин – підключення до електромережі, електронної системи управління, врізки до гідросистеми рульового управління, системи подачі палива, свердління отворів у паливних баках.

Для техніки останніх поколінь виробники намагаються самостійно встановлювати такі системи, або ж здійснюють підготовку для їх монтажу без особливих втручань у штатні системи.

Наприклад, Мінський автомобільний завод (МАЗ) постачає свої автомобілі підготовленими до встановлення, або зі встановленими системами реєстрації витрати палива (СРВП), яка надає інформацію про: обсяг палива в

баку; час роботи двигуна; час руху машини; час простоїв машини; час простоїв машини з включеним двигуном. СРВП складається з контролера реєстрації витрати палива, датчика рівня палива (ДРП) і мобільного блоку зберігання даних (МБ). Баки таких автомобілів мають спеціальні заглушені отвори для монтажу систем контролю [1], [4] [5], [7].

Головна мета системи контролю - полягає у визначенні точного місця розташування автомобіля, стан двигуна та рівень використання палива. Використовуючи систему навігації власник автомобіля може повністю контролювати режим роботи водія та руху автомобіля, тощо. Дані системи мають можливість моніторити інші параметри (температура, тиск, дані з бортової мережі) транспортного засобу [10], [12], [13], [19].

Мета і задачі досліджень. Підвищення ефективності роботи системи контролю рівня палива шляхом дослідження ємнісних характеристик датчика рівня рідини:

1. Здійснити конструктивний аналіз систем контролю палива, встановити принципи їх функціонування.
2. Розробити методику розрахунку параметрів датчика рівня палива – геометричних та ємнісних характеристик.
3. Розробити методику, стенд для калібрування й тарування датчика рівня палива, провести експериментальні дослідження з використанням різних видів дизельного палива.

Об'єкт дослідження. Система контролю витрати палива, датчик рівня палива.

Предмет дослідження. Закономірності зміни ємнісних характеристик датчика рівня палива, залежно від виду дизельного палива та його температури.

1.1 Будова та функціональні особливості пристроїв для контролю витрати палива

У сучасних умовах необхідно застосовувати способи контролю палива, які базуються на більш точних технологіях, ніж розрахункові маршрутні листи, оплата одометром, тощо. На сьогодні розповсюдженими є такі технології та способи контролю палива у системах моніторингу [3], [5]:

- за допомогою штатного датчика рівня палива через CAN-шину;
- за допомогою ПВП (проточний витратомір палива);
- за допомогою ДРП (ємнісний датчик рівня палива).

Існує думка, що контролювати витрату палива можна всього лише за допомогою навігаційної системи моніторингу без додаткових пристроїв, тобто, зіставляючи та розраховуючи швидкість, пробіг і норми споживання ПММ транспортним засобом. Точність таких розрахунків не висока, вимагає затрат часу, не враховує завантаженість транспортного засобу, рух в місті та за його межами, простой у заторах, тощо. Автоматизований спосіб унеможливорює появу помилок, опрацьовує та зберігає значний об'єм даних.

У першому способі інформація про витрату і рівні палива передається в систему супутникового моніторингу від бортового комп'ютера автомобіля по CAN-шині. Вона є у більшій частині сучасних автомобілів. У бортовий комп'ютер надходять дані з датчика, встановленого в паливному баку виробником. Як правило, такий датчик працює як звичайний потенціометр. Для отримання даних з CAN-шини необхідно, щоб бортовий термінал системи моніторингу підтримував підключення через CAN-інтерфейс. Існує три варіанти підключення CAN-шини до цифрового входу бортового контролера: пряме, через безконтактні зчитувачі та через CAN-LOG. Перший варіант самий бюджетний, але при прямому підключенні необхідне підключення до бортової мережі ТЗ [25], [26], [29], [31].

Головним мінусом такого способу є безпосередньо штатний датчик рівня палива, похибка показів якого сягає 10...15% (рис. 1.1). У нижній і верхній частинах бака, так званих мертвих зонах, похибка штатного датчика рівня палива може становити близько 15% загального обсягу палива.



Рис. 1.1 – Штатний датчик контролю рівня палива

Штатний датчик є передвстановленим елементом системи моніторингу, однак він значно поступається точністю іншим пристроям. Привабливість використання CAN-зчитування даних зумовлене невисокою вартістю, простим монтажем та контролем роботи двигуна. Даний спосіб – дуже поверхневий і його можна використовувати, як бюджетне рішення, що швидко окупиться.

Датчик витрати палива ПВП - це проточний датчик (рис. 1.2), який встановлюється безпосередньо на паливну магістраль та вимірює обсяг палива, що проходить через нього. ПВП – це по суті витратомір, який може бути однокамерний, або диференціальним (двокамерним) й працює за принципом лічильника. Інформація з витратоміра передається безпосередньо до бортового контролера через відповідний інтерфейс.

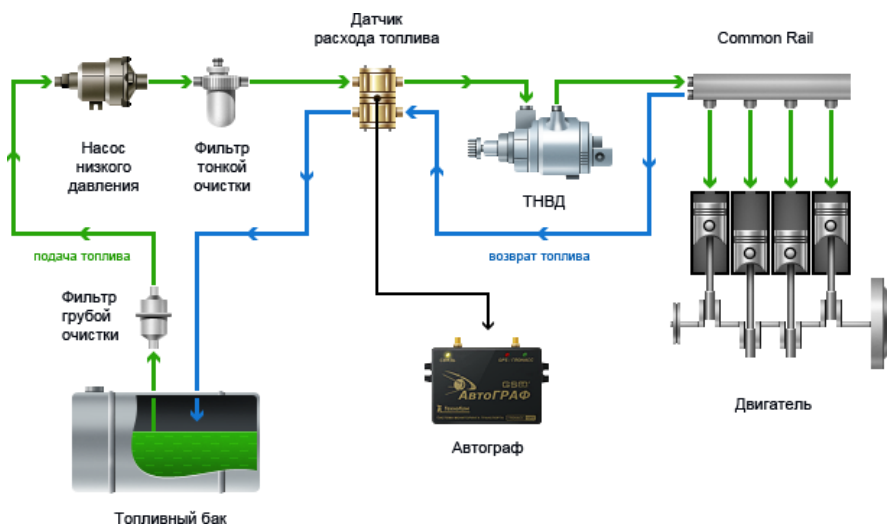




Рис. 1.2 – Проточна система контролю на базі витратоміра палива

Принципово ПВП надає дуже точні відомості про споживання палива, завдяки використанню сучасних цифрових датчиків, де похибка датчика витрати палива може коливатись в межах 1...2,5%. Єдиним мінусом такої системи є те, що заправки та зливи не відслідковуються. До переваг можна віднести те, що точність показів не залежить форми бака, специфіки руху та роботи ТЗ. Датчики такого типу калібрують в заводських умовах. Однак, вартість датчика є чималою. Дана технологія підходить не для всіх типів паливних систем, особливо для випадків з циркуляцією та підігрівом палива в взимку. Датчик витратоміра потребує постійного обслуговування, особливо в зимовий період, через наявність парафіну, що міститься в дизельному паливі. Побуває думка, що це єдиний вірний спосіб відстежувати витрату палива завдяки контролю обох паливних магістралей [3].

Наступна технологія передбачає використання датчика рівня палива - ємнісний датчик (рис. 1.3), який вимірює наявний об'єм палива в баку ТЗ та його зміну (заправка та зливи). Підключається ДРП до контролера за допомогою цифрового або аналогового виходу. Залежно від форми і обсягів бака, може знадобитися установка двох і більше датчиків для підвищення точності вимірювання.

Аналізуючи попередні технології, можна зробити висновок, що датчик рівня палива за вартістю та точністю показів є найбільш оптимальним. Для якісного і надійний контролю за витратами палива на різних типах транспортних засобів та техніки найкраще використовувати датчики рівня палива. Зі збільшенням контрольних точок датчика мінімальні зливи будуть одразу зафіксовані [6], [27], [29].

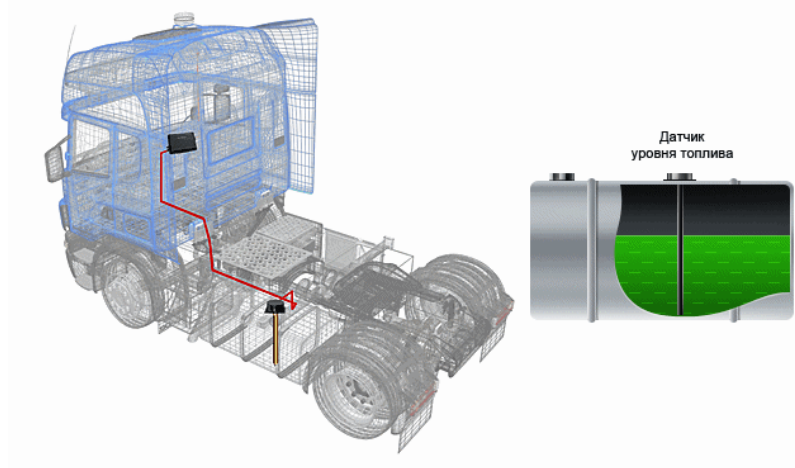


Рис. 1.3 – Система контролю палива на базі датчика рівня палива

Контроль рівня палива, що працюють за допомогою ультразвукових датчиків (УЗД), працюють за принципом ДУТ (вимірюють рівень палива в баку ТЗ), тільки для їх установки не треба свердлити бак. Установка даного обладнання проводиться знизу паливного бака шляхом кріплення УЗД випромінювача. Кошують ці системи на сьогоднішній день не дешево. З плюсів тільки відсутність необхідності робити отвір в баку. З мінусів можна перерахувати наступне: ультразвуковий датчик контролю палива (УЗД) чутливий до бруду на дні бака і до наявності води. Після установки ультразвукового датчика контролю витрат палива бак транспортного засобу також необхідно тарувати.

1.2 Будова та функціональні особливості терміналів для систем контролю палива

У сучасних системах контролю, що застосовуються в комерційних та приватних автомобілях, необхідно отримувати телематичні дані про його

параметри (відкриті-закриті двері у автобусах, рефрижераторах; допоміжне обладнання, датчики рівня і витратоміри пального; перетин закріпленої геозони та несанкціоноване використання авто). У даних системах використовується технологія, що дозволяють регулярно передавати дані з визначеними інтервалами – кожні 5 секунд, один раз на 1 хвилину, або 5 хвилин [6]. Часто в автомобілях використовують знімачі GPS даних – транспондери, що можуть приймати, або передавати дані на вимогу, тобто відправляти сигнал у відповідь на отриманий сигнал, така технологія має назву «pull» [23], [29].

Як правило, для передачі та обміну даними використовують стільникову радіомережу мережу будь якого оператора мобільного зв'язку, працює у стандарті GSM 900/1800. Тоді як для визначення географічних координат застосовується одна із глобальних супутникових навігаційних систем позиціонування «NAVSTAR GPS», «ГЛОННАС» та ряд інших. Сьогодні на ринку України представлено безліч телематичних модулів (терміналів) призначених для систем контролю [6], [25], [26], [27].

Такі прилади підключають до штатної електромережі автомобіля (як правило за центральними торпедо). Трекери за допомогою вбудованого GPS та GSM приймача в автоматичному режимі передають параметри розташування об'єкта. Професійні пристрої також здійснюють збір і обробку даних від аналогових і дискретних додаткових сенсорів (рис 1.4).

Отримані й опрацьовані дані трекер автоматично записує та зберігає у журнал мікросхеми незалежної внутрішньої пам'яті. Дані з вказаного журналу із наперед прописаною періодичністю надсилається на сервер диспетчера за допомогою GSM мережі. GPS/GSM термінал може функціонувати в режимі «On-line» лише за наявності радіозв'язку (покриття мережі) оператора стільникового зв'язку GSM 900/1800 [28]. Термінал «Teletonika FMB 125» містить ряд внутрішніх датчиків та вбудований акселерометр. Програмне забезпечення реалізує наступні програмні сценарії як безпечне водіння, перевищення швидкості, сповіщення про втрату чи блокування GSM сигналу, автоматизований розрахунок затрат пального за рухом по GPS відносно середнього споживання.

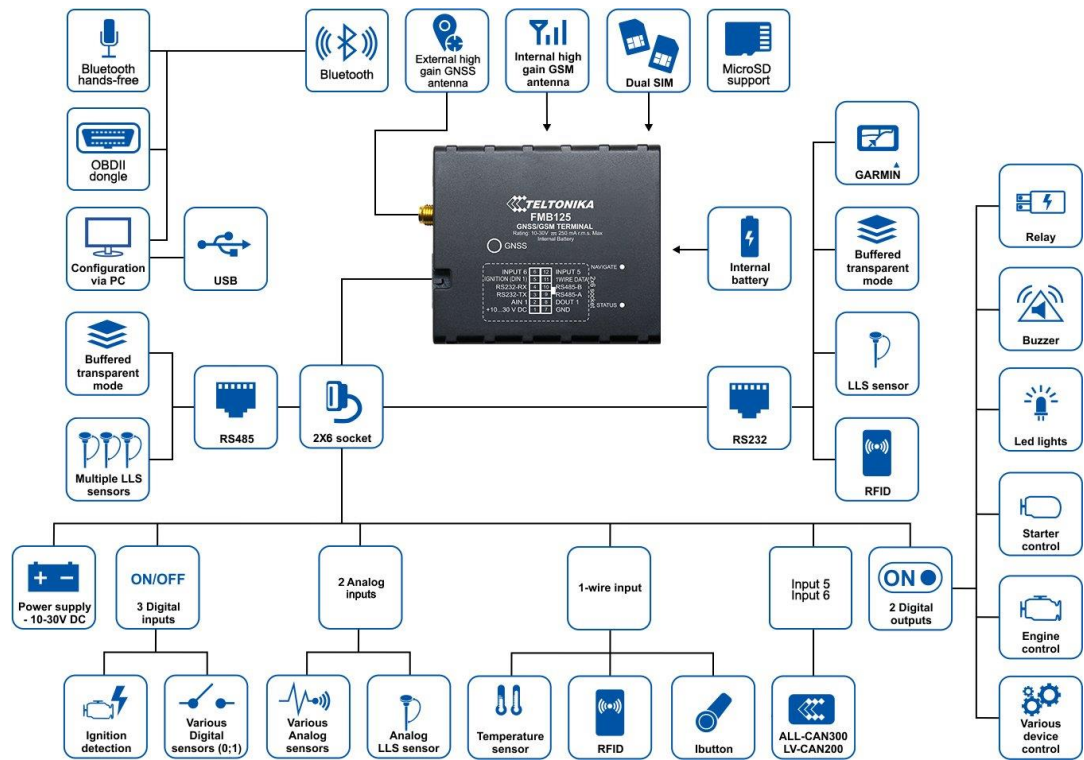


Рис. 1.5 – Функціональні особливості термінала Teltonika FMB-125

Також є можливість встановлення геозон для руху автомобіля (Auto Geofence) зі сповіщенням про поїздки поза її межами. Крім того передбачено режими сну GPS, режими сну «Онлайн», «Глибокий сон» та «Ультраглибокий сон». Також доступні програмні оновлення конфігурації та прошивки FOTA Web, Teltonika Configurator (USB, Bluetooth). У пристрої передбачено контроль цифрових виходів, Debug GPRS, Debug синхронізація часу GNSS, NITZ, NTP, що дає змогу виявити включення запалювання автомобіля. Трекер має можливість контролювати роботу двигуна через спеціальні інтерфейси (OBDII dongle, CAN адаптери) та підключення за допомогою інтерфейсів RS232 і RS485 [1], [6], [28].

2.1. Обґрунтування геометричних та конструктивних параметрів моделі датчика рівня рідини

Для контролю рівня палива в даний час використовують датчики рівня палива (ДРП) різних модифікацій [6], [27]. Принцип їх роботи заснований на

лінійній залежності ємності коаксіального конденсатора від висоти рівня рідкого діелектрика. Ємність конденсатора визначається діелектричної проникністю палива, діелектричної проникністю парів над рівнем палива, висотою рівня палива, геометричними параметрами самого конденсатора. У зв'язку з тим, що діелектрична проникність палива залежить від сортності палива [27], його температури, наявності присадок, сторонніх добавок, внаслідок цього похибка вимірювання рівня палива за допомогою коаксіального циліндричного конденсатора велика і може досягати 10-20%.

Конструктивно датчик являє собою коаксіальні циліндра (рис. 2.1). Довжина внутрішнього циліндричного електрода 1 менше довжини охоплюють його циліндричних електродів 2 і 3. Середній електрод 2 за допомогою комутатора поперемінно підключається до циліндричних електродів 1 і 3, що дозволяє поперемінно вимірювати діелектричні параметри контрольованого палива в обсягах $V_2 = \pi(R_5^2 - R_4^2) \cdot l_2$ і $V_1 = \pi(R_3^2 - R_2^2) \cdot l_1$ циліндричних конденсаторів довжиною l_1 і l_2 .

Математична модель датчика будувалася виходячи з довжини і товщини його циліндричних електродів, з урахуванням електричних властивостей контрольованої рідини (рис. 2.1).

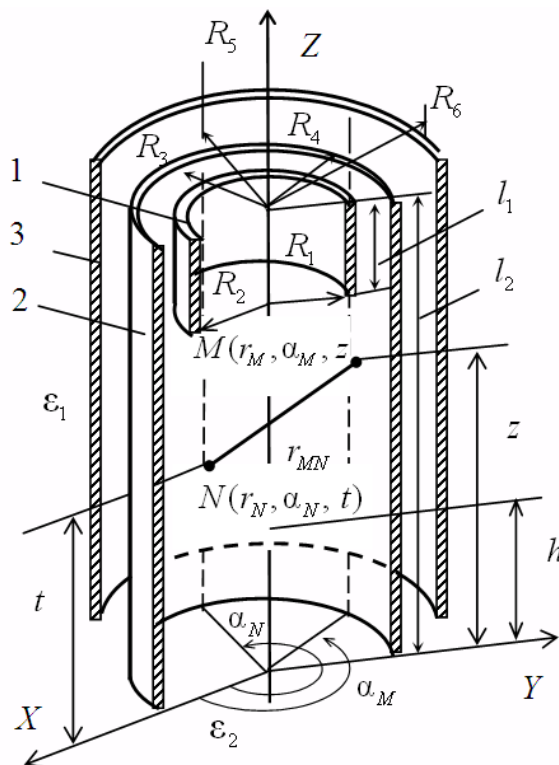


Рис. 2.1 – Розрахункова модель датчика рівня палива

При створенні математичної моделі датчика кожен з трьох електродів розглядався у вигляді співвісних нескінченно тонких циліндричних еквіпотенційних поверхонь з різною щільністю заряду $\sigma_s(R_s, t)$. Такий підхід дозволив врахувати реальні геометричні розміри електродів, їх товщину і досліджувати характер розподілу поля поза міжелектродного зазору. В силу цього поверхнева щільність заряду для кожної з еквіпотенційних поверхонь електродів циліндричного датчика є функцією однієї змінної t уздовж осі OZ $\sigma_s(R_s, t)$. В якості вихідного вираження при складанні інтегральних рівнянь використовували залежність для потенціалу

$$V_m = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_1} \int \frac{\sigma(s)}{s} \frac{1}{r_{MN}} ds, \quad (2.1)$$

де $\sigma(s)$ - поверхнева щільність заряду на електродах;

s - поверхня інтегрування.

З урахуванням того, що відстань в циліндричній системі координат між точкою спостереження $M(r_M, \alpha_M, z)$ і змінної точкою $N(r_N, \alpha_N, t)$ визначається:

$$r_{MN} = \sqrt{(t - z)^2 + r_M^2 + r_N^2 - 2r_M r_N \cos(\alpha_2 - \alpha_1)}. \quad (2.2)$$

2.2. Розрахунок лінійної залежності ємності конденсатора відносно діелектричної проникності палива

Для електродів циліндричного датчика, розташованого в двошаровій середовищі:

$$\epsilon(z) = \begin{cases} \epsilon_1, & \text{при } z > h, q=1, \\ \epsilon_2, & \text{при } z < h, q=2, \end{cases} \quad (2.3)$$

Тоді система інтегральних рівнянь набуде вигляду:

$$\int_0^{l_m} \sigma_s(R_s, t) R_s dt \int_0^{2\pi} \frac{d\alpha}{r_{MN_s}} = 4\pi\epsilon_0\epsilon_q V_m, \quad (2.4)$$

де R_s - відповідні радіуси внутрішніх, зовнішніх поверхонь циліндричних електродів;

$\sigma_s(R_s, t)$ - відповідні їм поверхневі щільності заряду;

ε_q - діелектрична проникність середовища, в якій знаходяться електроди

або частина електродів;

V_m - потенціали на електродах, ($s = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; $m = 1, 2, 3$).

Високопотенціальний електрод 1 має потенціал V_1 , нізкопотенціальний електрод 3 - потенціал V_3 . Потенціал електрода 2 поперемінно приймає значення потенціалу першого електрода V_1 , потім третього V_3 .

В результаті алгебраїчних перетворень системи (2.4) ядра алгебраїчних рівнянь після підстановки координат точок спостереження z_{jm} замість z приймають вид:

$$R_s \int_0^{2\pi} \frac{d\alpha}{\sqrt{(t - z_{jm})^2 + R_s^2 + R_m^2 - 2R_m R_s \cos(\alpha)}} = K(z_{jm}, t), \quad (2.5)$$

де модуль еліптичного інтеграла k розраховується:

$$k = \sqrt{\frac{4R_s R_m}{(t - z_{jm})^2 + (R_s + R_m)^2}}. \quad (2.6)$$

Рішення системи інтегральних рівнянь здійснювалося методом Крилова-Боголюбова. Для дискретизації функцій $\sigma_s(R_s, t)$ циліндричні поверхні електродів розбивалися на кільця, в межах яких поверхнева щільність заряду приймає постійні значення. Для поліпшення збіжності рішення крок інтегрування по циліндричних поверхнях задавався змінним і записувався з допомогою геометричній прогресії. Межі інтегрування для поверхонь електрода 1:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= l_2 - l_1 / 2 - l_1 (1 - q_1^{N-i+1}) / 2 (1 - q_1^{N_1}), \\ \beta_i &= l_2 - l_1 / 2 - l_1 (1 - q_1^{N-i}) / 2 (1 - q_1^{N_1}), \end{aligned} \quad (2.7)$$

де $i = 1, 2, \dots, N_1$; для верхньої половини:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= l_2 - l_1 / 2 + l_1 (1 - q_1^{i-N_1-1}) / 2 (1 - q_1^{N_1}), \\ \beta_i &= l_2 - l_1 / 2 + l_1 (1 - q_1^{i-N_1}) / 2 (1 - q_1^{N_1}), \end{aligned} \quad (2.8)$$

де $i = N_1 + 1, N_1 + 2, \dots, 2N_1$; l_1 - довжина внутрішнього електрода 1;

q - знаменник геометричній прогресії;

$2N$ - число розбиття l_1 .

Розбиття циліндричних поверхонь для електродів 2 і 3 до координати $z = l_2 - l_1$ здійснювалося подібно розбиття для електрода 1, тобто:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= (l_2 - l_1)/2 - (l_2 - l_1)(1 - q_3^{4N_1 + N_0 - i + 1})/2(1 - q_3^{N_0}), \\ \beta_i &= (l_2 - l_1)/2 - (l_2 - l_1)(1 - q_3^{4N_1 + N_0 - i})/2(1 - q_3^{N_0}),\end{aligned}\quad (2.9)$$

а також:

$$\begin{aligned}\alpha_i &= (l_2 - l_1)/2(l_2 - l_1)(1 - q_3^{i - 4N_1 - N_0 - 1})/2(1 - q_3^{N_0}), \\ \beta_i &= (l_2 - l_1)/2(l_2 - l_1)(1 - q_3^{i - 4N_1 - N_0 - 1})/2(1 - q_3^{N_0}),\end{aligned}\quad (2.10)$$

де $2N_0$ - число розбиття на відрізки довжиною $l_2 - l_1$.

Вище $z > l_2 - l_1$ кордону інтегрування збігаються з межами інтегрування для електрода 1. В результаті система інтегральних рівнянь (2.4) набуде вигляду:

$$\sum_{j=1}^{12N_1 + 8N_0} \sum_{i=1}^{12N_1 + 8N_0} \sigma_i \int_{\alpha_i}^{\beta_i} K(z_{jm}, t) dt = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_q V_m, \quad (2.11)$$

де $z_{jm} = (\alpha_j + \beta_j)/2$; $j = 1, 2, \dots, 12N_1 + 8N_0$, з відповідними індексами $m = 1, 2, 3$.

Інтеграл $\int_{\alpha_1}^{\beta_1} K(z_{jm}, t) dt$ може бути записаний в нових змінних через модуль

еліптичного інтеграла k . Тоді:

$$\int_{\alpha_i}^{\beta_i} K(z_{jm}, t) dt = 8\sqrt{R_m R_1^3}. \quad (2.12)$$

$$\int_{\alpha_{ji}}^{\beta_{ji}} \frac{K(k)}{k \sqrt{4R_s R_m - k^2(R_s + R_m)^2}} dk, \quad (2.13)$$

де інтервали інтегрування отримують:

$$k_{\alpha_{ij}} = \sqrt{4R_s R_m / [(\alpha_i - z_{jm})^2 + (R_1 + R_m)^2]}, \quad (2.14)$$

$$k_{\beta_{ij}} = \sqrt{4R_s R_m / [(\beta_i - z_{jm})^2 + (R_1 + R_m)^2]}. \quad (2.15)$$

Виходячи зі знайдених рішень рівнянь (2.18) і (2.19) дискретних значень і σ_1 залежно від значення потенціалу на електроді 2 ємність циліндричного датчика в повітрі ($\epsilon_1 = 1$) записується: в разі $V_2 = V_3$:

$$C_1 = \frac{2\pi l_1 \left(R_1 \sum_{i=1}^{2N_1} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + R_2 \sum_{i=2N_1+1}^{4N_1} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) \right)}{V_1 - V_2}, \quad (2.16)$$

в разі $V_2 = V_1$:

$$C_2 = \frac{2\pi l_2 \left(R_3 \sum_{i=4N_1+1}^{6N_1+2N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) + R_4 \sum_{i=6N_1+2N_0+1}^{8N_1+4N_0} \sigma_i (\beta_i - \alpha_i) \right)}{V_2 - V_3}. \quad (2.17)$$

1. На основі класичного виразу ємності циліндричного конденсатора з врахуванням товщини циліндричних електродів встановлено, що їх довжина нескінченно велика в порівнянні з радіусами циліндрів. Встановлено, що потенціал електрода 3 збігається з потенціалом електрода 2 ємність датчика розрахована чисельно $C_1^{числ} = 13,80$ пФ, аналітично $C_1^{ан} = 2\pi\epsilon_0\epsilon_1 l_1 / \ln(R_3 / R_2) = 13,63$ пФ. У разі коли потенціали $V_1 = V_2$, характер поля змінюється і ємність зростає. Розрахована чисельно ємність датчика $C_2^{числ} = 69,75$ пФ, розрахована аналітично $C_2^{ан} = 2\pi\epsilon_0\epsilon_1 l_2 / \ln(R_5 / R_4) = 69,24$ пФ.

3.1 Методики та обладнання для дослідження параметрів датчика рівня палива

Датчик рівня ДУ-05 призначений для вимірювання рівня рідини з відносною діелектричною проникністю від 1,8 до 3 в ємностях, та видачі цифрового сигналу для відображення, передачі, реєстрації рівня або обсягу для контролю на зовнішніх пристроях. Датчик складається з корпусу, фланця, втулки, робочої частини і джгута проводів в гофрошланг із з'єднувачем для зовнішніх підключень [6], [27].

У корпусі датчика змонтована друкована плата електронної частини датчика. Корпус зі ступенем захисту IP67 закріплений на верхній частині фланця. З корпусу через герметизуючий штуцер виходить джгут проводів, що

закінчується з'єднувачем для підключення зовнішніх ланцюгів датчика при його калібруванні, тарування і штатній роботі (рис. 3.1).

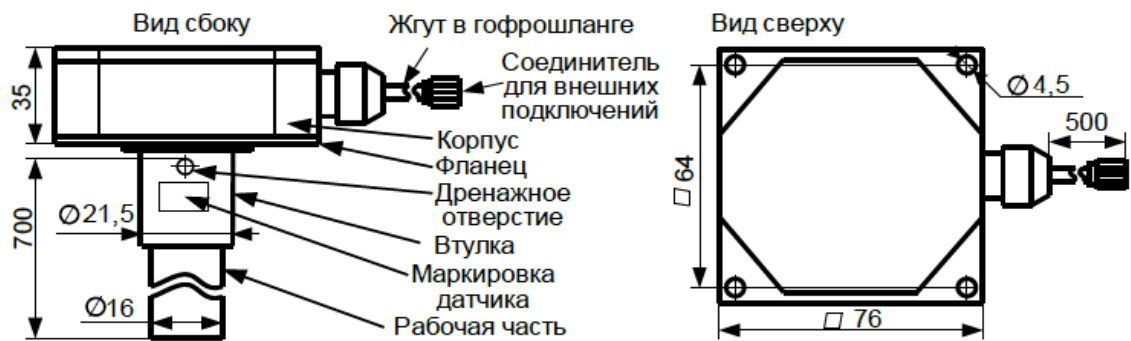


Рисунок 3.1 - Габаритні і монтажні розміри датчика ДУ-05

Робоча частина датчика, що складається з зовнішньої труби і внутрішнього ізолюваною ручкою, що утворюють конденсатор, призначена для занурення в рідину, рівень якої контролює датчик. В датчику застосований ємнісний принцип вимірювання рівня, заснований на залежності ємності конденсатора від діелектричної проникності середовища між його поверхнями. Електронна частина датчика вимірює ємність конденсатора і перетворює її в цифровий код, що надходять через з'єднувач на зовнішні пристрої. Датчик може виводити дані на цифровий вихід в наступних формах: в кодах та в літрах.

Дані в кодах можуть виводитися тільки в прямому коді, де значенням порожнього бака відповідає код 0, а повного - 1023 (або 2047 або 4095 або 8191) визначається при калібруванні і вводиться після калібрування.

Протокол обміну відбувається через порт RS485 або RS232, у штатному режимі датчик може працювати в режимах видачі даних, що визначаються користувачем при введенні в експлуатацію.

Для полегшення робіт перед установкою системи на автотракторну техніку на етапі налаштуванні підключення та калібрування й тарування (за умови навчання студентів у лабораторних умовах, в інших випадках використовується паливний бак) було розроблено навчальний стенд (рис. 3.2).

Калібрування датчика проводиться з метою отримання граничних калібрувальних значень параметрів датчика після його обрізки до потрібної довжини.

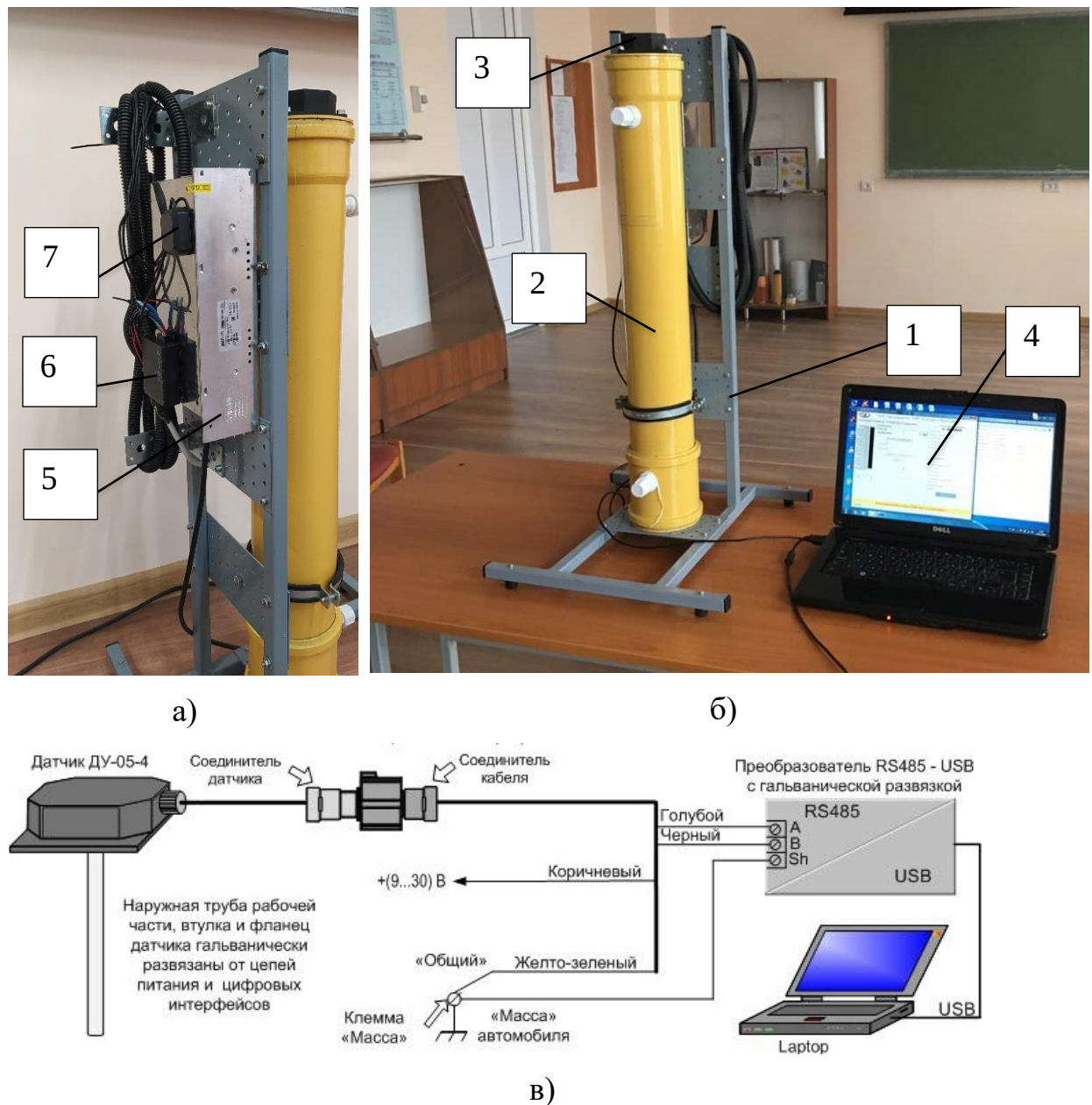


Рисунок 3.2 – Стенд для калібрування і тарування датчика рівня палива (а – загальний вигляд; б – фрагмент калібрування; в – схема підключення): 1 – каркас; 2 – накопичувальна ємність; 3 – датчик ДУ-05; 4 – персональний комп’ютер з програмним забезпеченням; 5 – джерело постійного струму 12В; 6 – GPS/GSM-термінал; 7 – зовнішня GPS-антена

Калібрування в режимі «Точно» є рекомендованою в тих випадках, коли потрібна максимальна роздільна здатність і точність вимірювання: наприклад при установці датчика в стаціонарні баки великого обсягу, баки тепловозів, а так само в інших випадках, коли вимагається робота з максимально можливою точністю в штатному режимі (рис. 3.3).

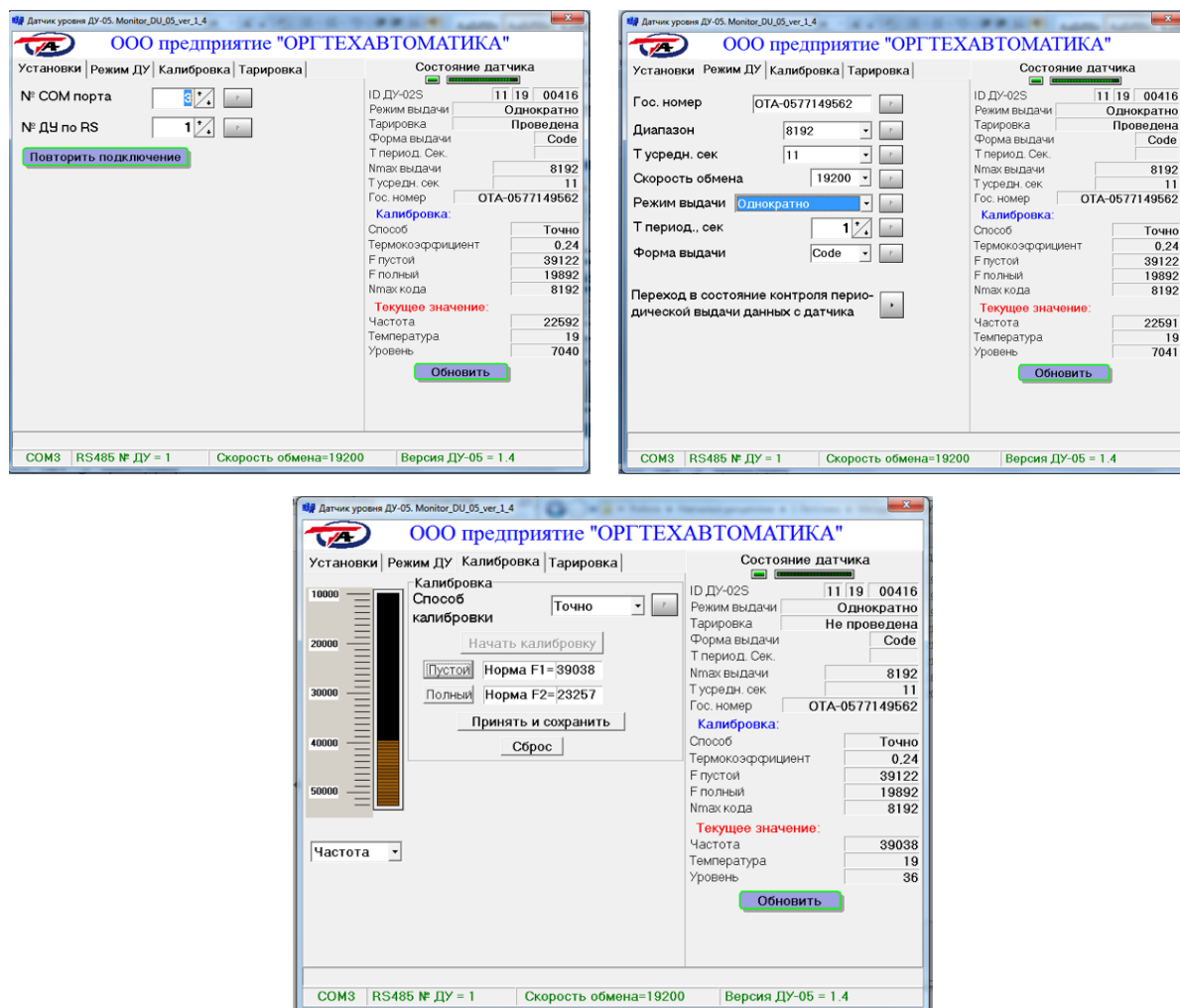


Рисунок 3.3 - Підключення датчика ДУ-05 через COM порт, налаштування та фрагмент калібрування датчика ДУ-05

В даному випадку калібрування датчика проведено в режимі «Точно» в для максимального числа кодів – 8191 та встановлено діапазон вимірювань (максимальне й мінімальне значення частоти для пустої й повної ємності).

4.1 Результати калібрування й тарування датчика рівня палива

Калібрування в режимі «Точно» повинно проводитись з використанням тієї ж рідини, в якій датчик буде експлуатуватися.

Калібрування забезпечує високу точність вимірювання в процесі експлуатації при дещо меншою роздільної здатності (рис. 3.3). В процесі проведеного калібрування встановлено діапазон значень частоти в межах $F1=39038... F2=23257$ Гц [27].

Тарування ємності для зберігання палива та технічних рідин проводять з метою визначення впливу геометричної конфігурації та конструкції бака на результати вимірювання ємності датчика та її зміни в процесі експлуатації.

До початку тарування датчик повинен бути відкалібрований відповідно до вимог, встановлений і закріплений на баку в штатному положенні.

Процес проведення тарування за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. На рисунку 4.1 наведено послідовність тарування, згідно якої встановлюють першу «точку» тарування (для цього в ємність наливають досліджуване паливо аж до моменту змочування датчика й зміни частоти, що відповідає нулю літрів в імітованому баку).

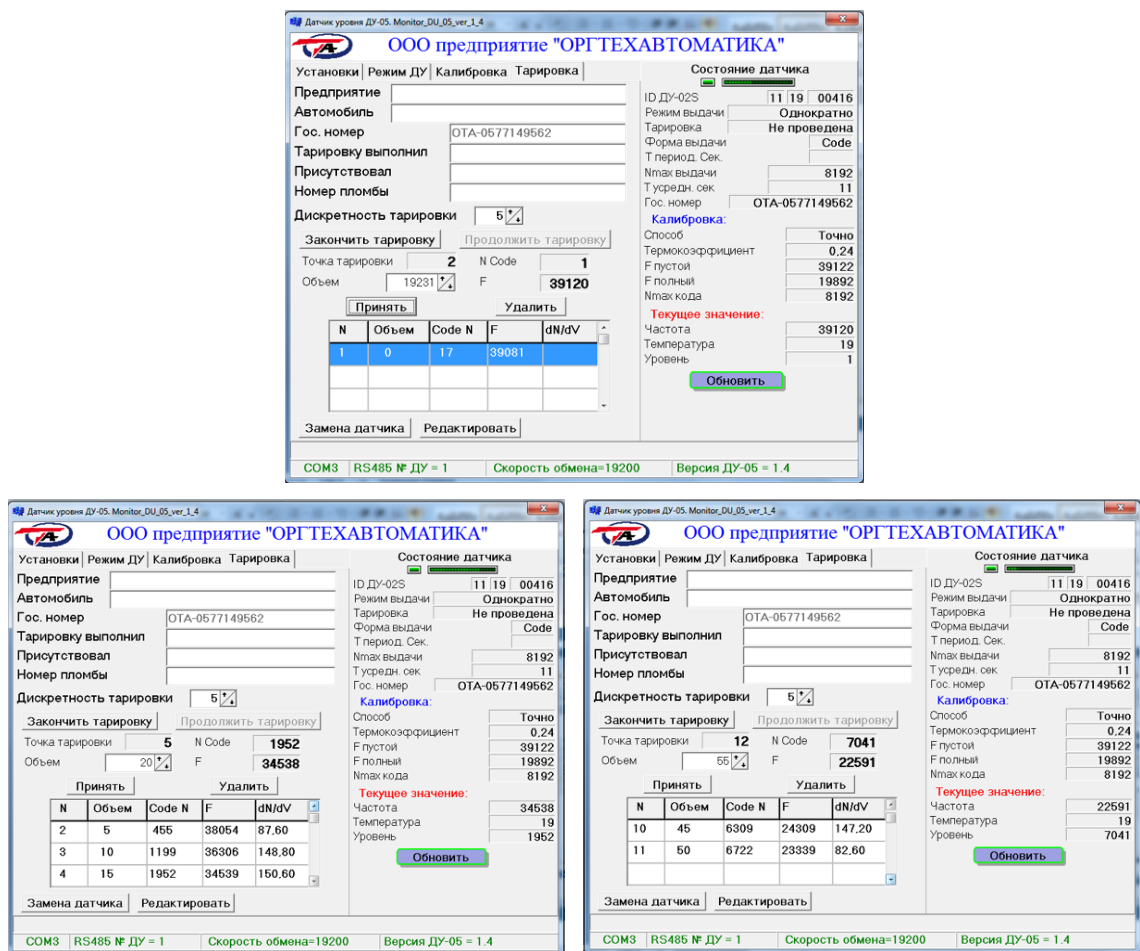


Рисунок 4.1 – Результаты тарування датчика ДУ-05 (встановлення контрольних точок)

Далі ми поетапно додаємо «точки» тарування у програмі, доливаючи при цьому в ємність по 500мл досліджуваного палива й фіксуємо частоту для кожної контрольної точки (рис. 4.2). В результаті тарування отримано

протокол вимірювання зміни частоти датчика, що відповідає заповненню ємності об'ємом 5 літрів дизельного палива.

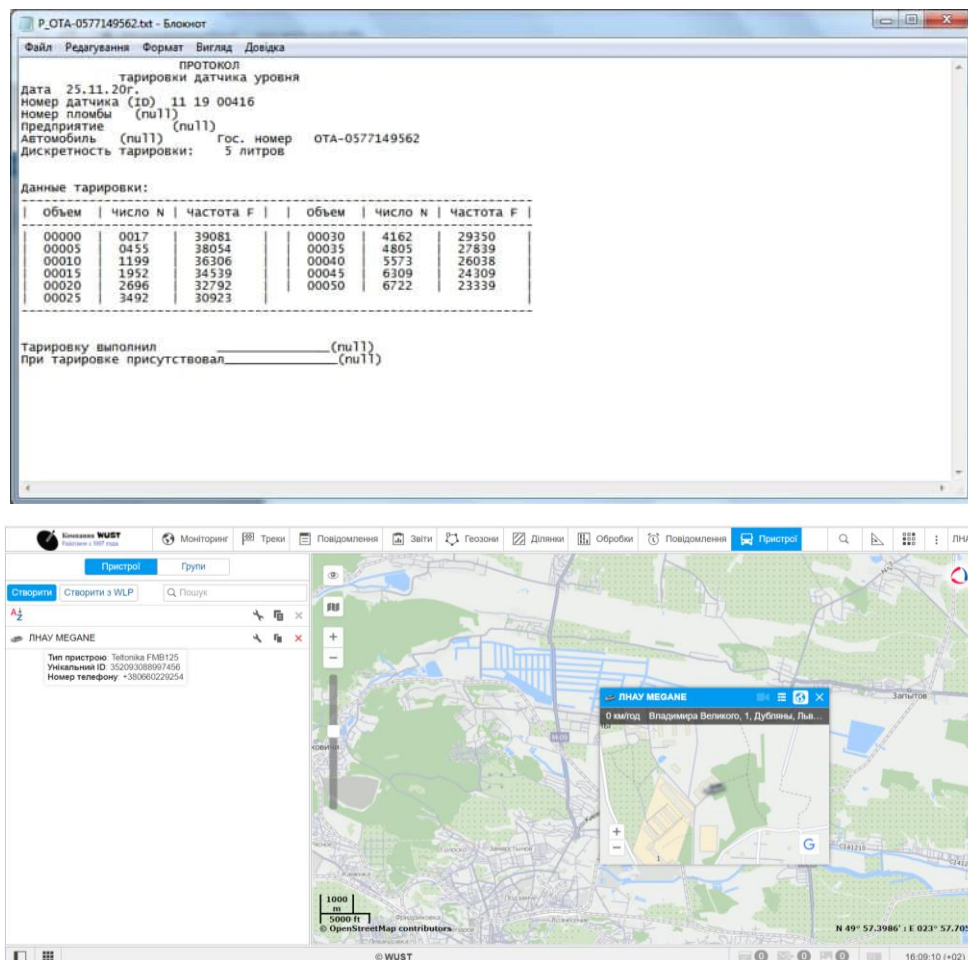


Рисунок 4.2 – Протокол тарування датчика та переведення кодів в дійсні значення об'єму пального у веб-платформі WUST-AGRO-INFO

Після виконання тарування бака необхідно: ввести в датчик параметри штатного режиму роботи; підключити датчик до штатного джерела живлення і GPS/GSM-терміналу для реєстрації та відображення дійсного рівня палива.

4.2. Результати тарування датчика рівня на різних видах палива

Тарування бака проводилось з використанням палив та умов, в яких датчик буде експлуатуватися. Результати тарування зберігаються автоматично і можуть бути роздруковані у вигляді протоколу (табл. 4.1).

Під час випробувань датчик підключали до штатного джерела живлення та персонального комп'ютера для встановлення частоти для фіксованого рівня

палива. Дослідження проводилось для марок дизельного палива: Pulls Diesel (0°C); Pulls Diesel (30°C); Pulls Diesel Arctica (0°C).

У першому випадку використовувалося паливо Pulls Diesel (0°C) діапазон вимірювань частоти якого знаходився в межах 39081-23339Гц. Відповідний протокол вимірювань наведено у таблиці 4.1.

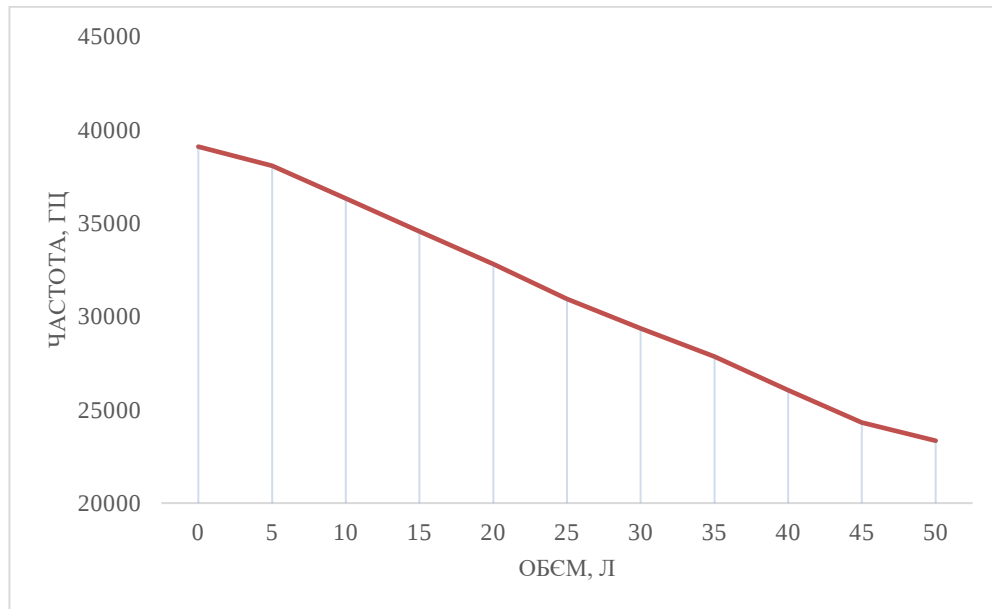


Рисунок 4.3 – Графік залежності частоти (кодів) виводу даних відносно об'єму заповнення паливом Pulls Diesel (0°C)

Таблиця 4.1 - Протокол вимірювань частоти датчика рівня палива для палива Pulls Diesel (0°C);

Об'єм, Л	Частота виводу сигналу з датчика, Гц
	Pulls Diesel (0°C)
0	39081
5	38054
10	36306
15	34539
20	32792
25	30923
30	29350
35	27839
40	26038
45	24309
50	23339

У другому випадку використовувалося паливо Pulls Diesel нагрітого до температури 30°C, діапазон вимірювань частоти якого знаходився в межах 38978-23236Гц. Відповідний протокол вимірювань наведено у таблиці 4.2.

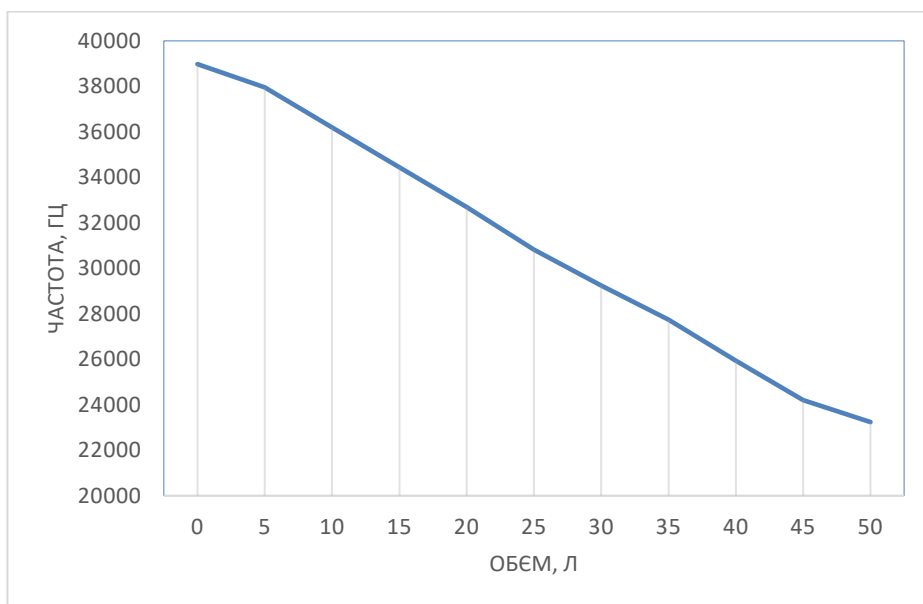


Рисунок 4.4 – Графік залежності частоти (кодів) виводу даних відносно об'єму заповнення паливом Pulls Diesel (30°C)

Таблиця 4.2 - Протокол вимірювань частоти датчика рівня палива для палива Pulls Diesel (30°C)

Об'єм, Л	Частота виводу сигналу з датчика, Гц
	Pulls Diesel(30°C)
0	38978
5	37951
10	36203
15	34436
20	32689
25	30820
30	29247
35	27736
40	25935
45	24206
50	23236

У третьому випадку використовувалося паливо Pulls Diesel Arctica (0°C), діапазон вимірювань частоти якого знаходився в межах 38978-23236 Гц. Відповідний протокол вимірювань наведено у таблиці 4.3.

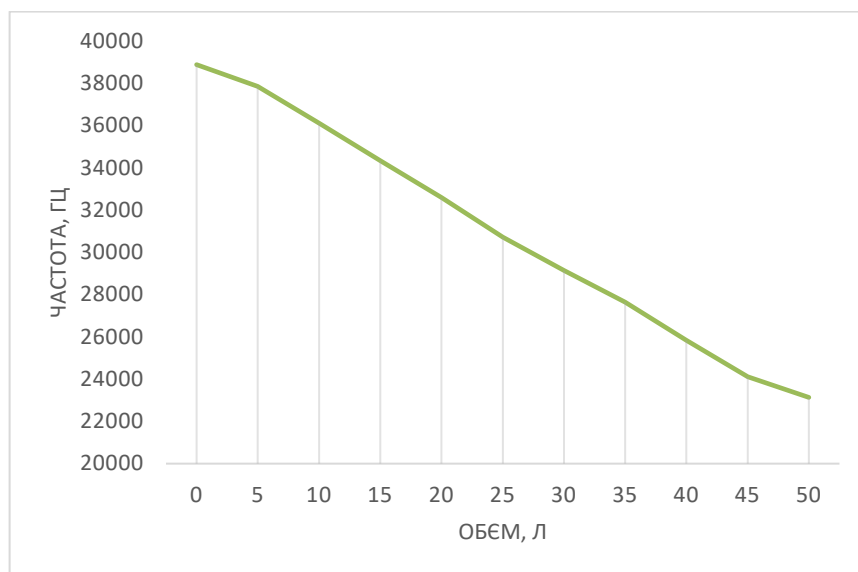


Рисунок 4.5 – Графік залежності частоти (кодів) виводу даних відносно об'єму заповнення паливом Pulls Diesel Arctica (0°C)

Таблиця 4.3 - Протокол вимірювань частоти датчика рівня палива для палива Pulls Diesel Arctica (0°C).

Об'єм, Л	Частота виводу сигналу з датчика, Гц
	Pulls Diesel Arctica (0°C).
0	38876
5	37849
10	36101
15	34334
20	32587
25	30718
30	29145
35	27634
40	25833
45	24104
50	23134

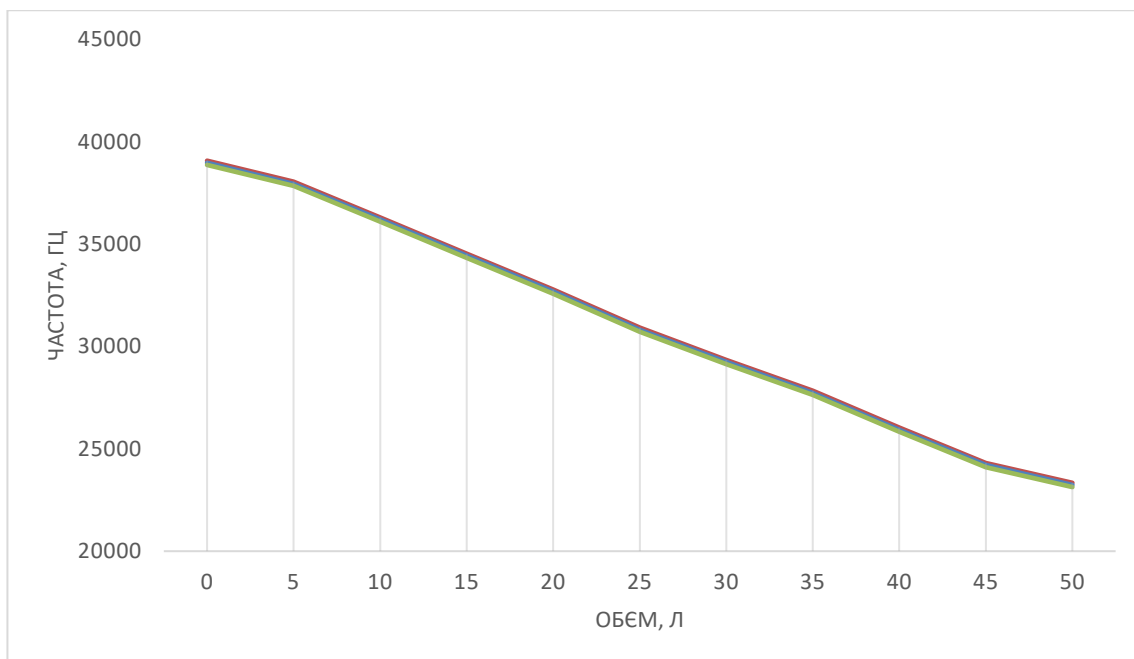


Рисунок 4.6 – Графік порівняння частот датчика рівня на різних видах палива

Згідно отриманих даних (рис.4.6) встановлено, що зміна частоти датчика відносно наповнення ємності різними видами палива має лінійний характер. Верхня межа заповнення датчика рівня за умови використання палива Pulls Diesel (0°C) становить 39081 Гц, тоді як для палива Pulls Diesel Arctica (0°C) – 38876 Гц. З огляду на результати випробувань покази датчика для одного рівня палива, однак за різних його характеристик можуть різнитись приблизно на 1%.

У першому випадку використовувалося паливо Pulls Diesel (0°C) діапазон вимірювань частоти якого знаходився в межах 39081-23339Гц.Відповідний протокол вимірювань наведено у таблиці 4.1.

У другому випадку використовувалося паливо Pulls Diesel (30°C) діапазон вимірювань частоти якого знаходився в межах 38978-23236Гц. Відповідний протокол вимірювань наведено у таблиці 4.2.

У третьому випадку використовувалося паливо Pulls Diesel Arctica (0°C) діапазон вимірювань частоти якого знаходився в межах 38876-23134Гц.Відповідний протокол вимірювань наведено у таблиці 4.3.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На сучасних вантажних автомобілях системи контролю місцерозташування та витрати пального все частіше встановлюються автовиробниками як опція однієї з комплектацій. Дані системи базуються на використанні супутникових навігаційних систем GPS.

2. До сучасних способів і методів контролю витрат палива відносять: підключення до штатного аналогового датчика рівня палива транспортного засобу, підключення до CAN шини транспортного засобу, встановлення проточного лічильника палива на двигун транспортного засобу, або ультразвукового датчика рівня палива (УЗД) на бак транспортного засобу, балону ГБО, встановлення датчика рівня палива в бак для контролю його рівня.

3. Запропоновано методику розрахунку ємнісних характеристик датчика рівня палива залежно від його конструктивних та геометричних параметрів.

4. Розроблено стенд та запропоновано методику монтажу на паливний бак, підключення й налаштування (калібрування, тарування, долучення до web-платформи) датчика ДУ-05.

5. Отримано результати випробувань датчика рівня палива, проведено його калібрування й тарування відносно геометричних параметрів ємності для зберігання. Для палива Pulls Diesel (0°C) діапазон вимірювань частоти знаходився в межах 39081-23339 Гц. , а для Pulls Diesel (30°C) діапазон вимірювань частоти перебуває в межах 38978-23236 Гц.

Паливо Pulls Diesel Arctica (0°C) відображає діапазон вимірювань частоти в межах 38876-23134 Гц.

Згідно отриманих даних встановлено, що верхня межа заповнення датчика рівня за умови використання палива Pulls Diesel (0°C) становить 39081 Гц, тоді як для палива Pulls Diesel Arctica (0°C) – 38876 Гц. З огляду на результати випробувань покази датчика рівня палива можуть різнитись на 0,1%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ELM327 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://en.wikipedia.org/wiki/ELM327>.
2. Google_Earth [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Google_Earth
3. Heiβing B. Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven. / Bernd Heiβing, Metin Ersoy (Hrsg). – Wiesbaden : Friedr. Vieweg & Sohn Verlag : GWV Fachverlage GmbH, 2007. – 591 S.
4. <https://www.elmelectronics.com/>
5. On-board diagnostics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics.
6. Teltonika vehicle telematics [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://teltonika-gps.com/en/products/>
7. Баранов В. Н. Космическая геодезия / В. Н. Баранов, Е. Г. Бойко, И. И. Краснорылов. – М. : Недра, 1986. – 408 с.
8. Безпека дорожнього руху та автотранспортне право. Конспект лекцій для студентів спеціальності "Автомобілі та автомобільне господарство" усіх форм навчання / Уклад. В. Кищун. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2006. – 155с.
9. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. – Львів : Світ, 1995. – 288 с
10. Босняк М.Г. «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с.
11. Боярко І. М. Інвестиційний аналіз : [навч. посіб.] / І. М Боярко,Л. Л. Гриценко. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 400 с.
12. Вільковський Є.К., Кельман І.І, Бакуліч О.О. «Вантажознавство»(вантажі, правила перевезень, рухомий склад) -2е вид. перероблене і доповнене. Підручник. – Львів «Інтелект-Захід», 2007, - 476 с.

13. Геоінформаційні системи в науках про Землю : монографія / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, І. В. Віршило, В. К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2016. – 510 с.
14. Геоінформаційні системи. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis>.
15. Гирич В.С., Жуков С.А., Крейман ЗА., Босняк Н.Г. Специализированные транспортные средства: Учебное пособие. – Днепропетровск: наука и образование, 2004. – 345 с.
16. Горяїнов О.М. Практика вантажних перевезень і логістики: Навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Кортес-2001», 2008. – 323с.
17. Гофман-Велленгоф Б. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування / Б. Гофман-Велленгоф, К. Легат, М. Візер. – Львів : Львівський національний університет імені Івана Франка, 2006. – 443 с.
18. Гофманн-Велленгоф Б. Глобальна система визначення місцеположення (GPS): теорія і практика / Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Коллінз. – К. : Наукова думка, 1996. – 392 с.
19. Гурч Л.М. Логістика: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: ДП «Видавничий дім «Персонал», 2008. –560 с.
20. Гутаревич Ю.Ф. Екологія та автомобільний транспорт. – К.:Арістей, 2006 – 348 с.
21. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Практикум : [навч. посіб.] / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 113 с.
22. Кальченко А. Г. Логістика: Підручник. - К.: КНЕУ, 2003. - 284 с. ISBN 966-000-000-0
23. Кочубей Д. В. Автоматизация транспортной логистики торговых компаний // Логистика:проблемы и решения. – 2008. – № 11. — 12. – С. 66-70.
24. Методичні рекомендації з питань безпеки автомобільних перевезень від 19.09.2003. – К.: Державний Департамент автомобільного транспорту, 2003. - №11. - 23 с.

25. Міжнародні перевезення : теорія та практика : навч. посібник : у 2 кн. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018 – . Кн. 1 / А. С. Галкін, В. П. Левада, Ю. А. Давідіч, Н. В. Давідіч, К. Є. Вакуленко. – 2018. – 182 с.
26. Мурашина логістика [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ant-logistics.com/uk/main.html>
27. Оргтехавтоматика Датчики рівня палива [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://ota.com.ua/datchiki_urovnya_topliva/
28. Системы локального позиционирования [Електронний ресурс] // Мирбеспроводных решений. – URL: <http://www.wless.ru/technology/?tech=11>.
29. Технології визначення місцеположення користувачів мобільних мереж [Електронний ресурс] // -URL: http://zadereyko.info/moi_publicacii/tehnologii_opredeleniya_mestopolojeniya.htm
30. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: Пер. с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
31. Харченко В. П. Основи практичної аеронавігації : навч. посіб. / В. П. Харченко, В. Г. Лялько, В. Г. Мелкумян. – К. : НАУ, 2004. – 256 с.